

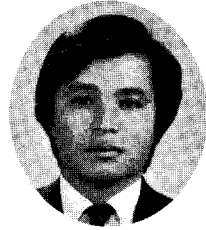


제 3 시대의 농약 “곤충생장조절제”

Chitin 생합성 저해제의 개발과 이용현황

전염해충 포획이 쉽거나

저항성 해충에 효과 좋아



강원대학교 농과대학
박 규 택

현대농업의 발달에 있어서 농약의 공헌도는 누구도 부정할수 없으나 최근에 이르러 병해충방제를 단순히 농약에만 의존하는 데는 비판적인 의견이 없지 않다.

농약 일변도의 해충방제는 약제에 대한 저항성, 오·남용시의 환경오염 및 잔류성 문제, 자연 생태계에 미치는 영향등 부차적인 문제점들이 꾸준히 제기되어 온 실정이다.

이러한 실정에 비추어 볼때곤충생활의 어느 단계에 작용하여

곤충의 정상적인 발육 및 증식을 억제시킬 수 있는 성장조절제의 개발, 이용은 화학물질인 일반농약의 사용량을 줄이고 환경오염 문제를 경감시킬수 있는 “제 3 세대의 살충제”의 하나로 각광 받을 수 있으리라 기대된다.

성장저해 및 탈피저해제로 구분

일반적으로 곤충의 성장조절제 (Insect Growth Regulator) 라 함은 곤충 성장 저해제 (Insect Development Inhibitor) 와 탈피저해제 (Molting Inhibitor) 로 구분할 수 있다.

성장저해제, 변태저지나 기형 유발

곤충의 성장저해제란 곤충 내 분비샘인 알라타체에서 분비되는 幼若호르몬 (Juvenile Hormone) 과 같이 극히 미량으로 곤충의 변태를 저지하거나 또는 기형으로 만드는 작용을 함으로써 곤충의 정상적인 발육억제 및 생활을 방해하는 것이다. 이러한 유약호르몬에 대한 연구는 1956년에 Williams가 누에의 솜뿔으로부터 추출한 유상물을 번데기에 주사한 결과 정상적인 성충이 되지 못함을 발견한 것으로 부터 시작되었다. 10여년이 지난

1967년에 Roller 등에 의하여 유약호르몬의 분리 추출이 성공한 이후 유사한 생리적 활성물질이 다수 발견된 이래로 그 응용 및 실용화가 구체성을 띠게 되었다.

탈피저해제=70년대에 개발 직수

탈피저해제란 바로 Chitin 생합성저해제로서 호르몬유사물질과는 그 작용성이 근본적으로 다르다. 곤충이 이 지구상에 번성할 수 있는 이유로는 무엇보다 환경에 대한 적응성이 크다는 점을 들 수 있으며 또한 그 피부가 큐티클 (Cuticle) 층으로 된 외골격 (Exoskeleton) 으로 이루어져 몸의 보호 및 수분 증산을 억제할 수 있는 것이다. 이 외골격으로 인하여 곤충의 생장은 탈피과정이란 특이한 생리현상을 거쳐야만 한다. 이러한 곤충의 생리현상에 연관된 새로운 작용기작을 나타내는 살충제 즉, 탈피저해제의 개발은 1970년대에 들어와서 부터 시작되었다.

사용폭은 좁으나 기대효과 커

생리활성물질의 일종인 Chitin 생합성저해제는 일반 살충제에 비하여 발현되는 효과가 느리고 적용대상해충의 범위가 좁으며 특정한 발육단계에 한해서만 적

용되는 제한성을 가지고 있기는 하나 앞에서 제시한 목적을 위해서는 기대효과가 크며 경우에 따라서는 다른 방제수단과 적절히 병용함으로써 그 효과를 한층 높일 수 있을 것이다. 최근에 들어 실용면에서 응용가능성이 활발하게 진행되고 있는 性 유인 물질(Sex-Pheromone)도 생리활성물질의 일종으로 취급되고 있다.

〈최초의 발견〉

제초제 개발중 발견한 요소화합물

곤충의 Chitin생합성 저해제로는 Thio 요소가 이용된 적이 있으나 본격적인 연구결과는 TH 6040(상표명 : Dimilin)이 대표적인 것으로서 일군의 benzolated phenyl 요소 화합물의 발견으로부터 시작되었었다. 이 물질은 원래 발아전(發芽前) 처리용 제초제의 개발중에 얻어진 것으로서 제초 및 살충작용은 없었으나 파리등 곤충에 經口처리한 결과 脫皮불능으로 죽는다는 것이 처음으로 발견되었다(Daelen, 1972; Wellinga, 1973).

국내서는 주론수화제로 생산

그후 네델란드 Phillips & Du-

phar社에 의하여 Du 1911이 최초로 합성 되었고 그 다음으로 TH 6038이 합성되어 그 효력이 크게 나타났으나 잔류성의 문제로 실용화되지 못하였었다. 이를 보완하여 개발된 TH 6040(Diflubenzuron)은 생분해성이 높고 지금까지의 단점들이 보완되어 실용화되기 시작하였으며 우리나라에서도 1979년부터 흰불나방약 “주론수화제”란 이름으로 등록, 사용되고 있다.

〈작용기작〉

Chitin 생합성저해제의 작용은 곤충의 탈피(脫皮) 저해로 알려져 있다. 탈피란 곤충이 성장하기 위하여 피부의 구성분인 큐티클을 벗어버리는 것으로 Hinton(1968)은 곤충의 탈피과정을 엄밀히 보아 두 과정으로 구분하였다. 첫번째 과정은 기존 큐티클이 그 밑에 있는 표피세포로부터 떨어지는 것으로 기존 큐티클이 분해흡수되고 새로운 큐티클이 형성되는것 까지 포함되며 이를 아폴리시스(Apalysis)라 한다. 두번째 과정은 기존 큐티클의 잔존물을 벗어 버리고 다음 령기 또는 생육기에 이르는 것으로 이를 탈피(Ecdysis)라고 한다.

기존 및 신 큐티클층 분리를 방해

Chitin 생합성 저해제의 작용은 후자의 저해작용으로 보이나 본질적으로는 큐티클이 떨어져 나가는 것에도 크게 영향을 주는 것으로 알려져 있다.

Mulder 등 (1978)의 흰나비류 유충에 대한 실험결과에 의하면 TH 6040이나 TH 6038을 처리했을 경우 아폴리시스 단계까지는 무처리와 동일하였으나 기존 큐티클과 신큐티클이 분리되지 않

아 탈피가 진행되지 않고 체액의 유출이 일어나며 결국 흑사화(黑死化)하였다. 처리된 유충의 조직학적인 관찰 결과에서도 표피와 큐티클의 분리상태는 확인되었으며 그 사이의 공간에는 탈피액인 과립상의 응고물로 채워지는 것이 관찰되었다. 또한 내큐티클의 발달은 나빠 정상적인 것에 비해 처리 1~2일 후에 벌써 그 두께가 훨씬 얇아지게 되었다.

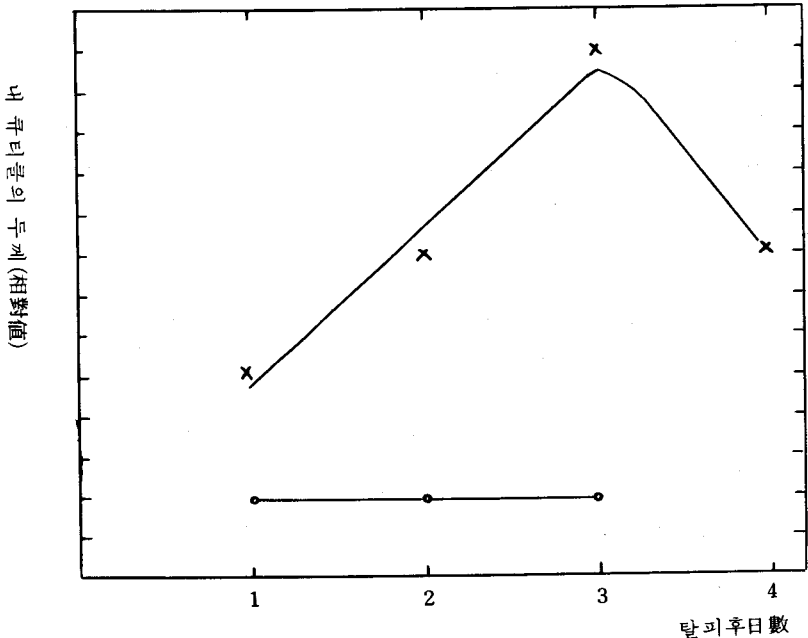


그림 1. Dimilin 처리잎을 먹인 배추흰나비 유충의 내큐티클 두께 (Mulder & Gijswijt, 1978)

이러한 이상현상은 모기의 경우 다음의 여러단계로 발전됨이 밝혀졌다(江下, 1977). 즉 유충이 거의 사망하거나, 유충의 표피가 일부 남은 불완전 용(蛹)이 되거나, 완전용화후 사망하거나, 용각(蛹角)에서 탈피한후 사망하거나, 탈피를 하더라도 우화성충이 곧 사망하는 경우였다.

알속에서도 키틴합성 저해작용

알의 경우에도 배자(糞子) 발생초기에 Chitin 생합성 저해가 일어나면 알의 부화에 영향을 끼치는 것으로 고려됨으로 불임제로서의 활용성도 기대된다. 알에 대한 부화영향은 직접 접촉되었을 경우에는 물론 성충에 의하여 섭식되었을 경우에도 부화에 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며 이는 배자의 발육이 이루어진 경우에도 영향력이 있을 것으로 추정된다.

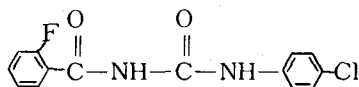
실제로 생식저해작용은 집파리나 묵화다래나방을 대상으로 한 실험에서도 입증되었다(Saunders, 1976). 집파리의 일종인 *Musca* sp.에서는 TH 6040으로 처리한 종이 위에 2주간 접촉시킨 경우 94%의 부화저해효과가 나타났으며 어떤 종은 2일

간 처리에서도 그러한 효과를 볼 수 있었다는 보고도 있다. 또한 곤충의 생육에도 직접 영향을 미쳐 처리농도, 영기에 따라 체중의 감소를 초래한다고 하였다.

〈국내등록품목〉

1. Diflubenzuron

- 1) 상표명 : 디밀린 (Dimilin ; TH 6040)
- 2) 국내고시품목명 : 주론 수화제 (25%)
- 3) 화학명 및 구조식 : 1-(4-Chlorophenyl)-3-(2,6-difluorobenzoyl) urea

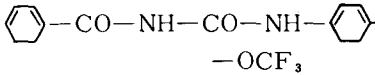


- 4) 적용해충 : 흰불나방, 솔나방, 잎말이나방, 감꼭지나방, 꿀굴나방, 버섯파리, 잣나무넓적잎벌
- 5) 개발회사명 : Duphar (네델란드)
- 6) 국내 등록회사 : 대한농약 (1979년), 동양화학 (1982년)

2. Triflumuron

- 1) 상표명 : 알시스틴 (Alsystin ; SIR 8514)
- 2) 국내고시품목명 : 트리무론
- 3) 화학명 및 구조식 : 2-Ch-

loro-N-[[[4-(trifluoromethoxy)phenyl]-amino] carbonyl] benzamide



4) 적용대상해충 : 사과굴나방, 잣나무넓적잎벌

5) 개발회사명 : Bayer (독일)

6) 국내등록회사 : 한농 (1986년)

이상의 2 품목은 그 작용이나 효과면에서 아주 유사한 제품으로 알려지고 있다. 기본적으로는 소화중독성에 의하여 대상해충을 죽인다. 약제의 성분이 식물의 조직내로 전이되는 침투성은 거의 없으며 많은 종의 경우 알껍질에 침투하여 알의 부화를 방해함으로써 상당한 살란율을 보이기도 한다. 유충이 탈피를 못하여 죽게 되는 것은 앞에서 설명한 바와 같이 곤충의 표피를 이루고 있는 큐티클(Cuticle)의 주성분인 Chitin의 합성이 저해되기 때문이다. 이러한 특수 작용기작으로 인하여 약제 살포 후 약 3~4일이 지나야 죽는 것이 육안으로 관찰되지만 곤충의 생리현상에 이상을 초래한 것은 그 이전에 일어난 일이다. 또한 포유동물에 대하여 안정성이 높고 꿀벌, 기생곤충등 유익한 곤

충에 미치는 영향이 적다는 것도 이상적인 농약의 하나로 생각되어 진다.

넓다운 효과없어 선호도 떨어져

그러나 이러한 장점을 가지고 있음에도 불구하고 국내에 등록된지 5~6년이 지난 지금에도 실사용자들에게 큰 각광을 받지 못하고 있음은 무엇보다도 이들 약제들의 특수한 작용 기작으로 Knock-down 효과가 거의 없고 약효가 늦게 나타나기 때문으로 풀이된다. 실사용자들에게 약제 살포후 늦어도 2~3일내에 그 효과가 눈에 띄어야 만족하게 되며 특히 약제처리 직후에 목적해충에 어떤 반응이 보이지 않으면 실망하게 되는 것이다. 또한 어떤 해충의 피해로부터 한 시라도 빨리 벗어나야 하겠다는 욕구가 큰 만큼 일종의 생리적인 작용에 따라 서서히 약효를 나타내는 이러한 작용기작에 결코 매력을 느낄 수 없는 것이다.

산림해충방제에는 필수약제

이러한 여러 가지 상황하에서 일반 해충 방제를 위한 사용 면에서 아직도 완전히 정착되지 못하고 있는 실정이나 산림해충방제 특히, 최근 잣나무의 주요 해

충으로 문제시되고 있는 잣나무 넓적잎벌의 방제에는 아주 좋은 효과를 나타내고 있어 잣나무해충방제에는 필수적인 약제로 인정되고 있다.

〈응애방제용 Chitin 생합성 저해제의 개발〉

최근까지 알려졌은 Chitin 생합성저해제들이 주로 나방류, 벌류등 완전변태를 하는 곤충에서 그 효과가 인정되어 왔으며 특히 진딧물이나 응애류에는 그 영향이 미치지 못하였었다. 그러나 최근 응애류의 방제를 위한 새로운 Chitin 생합성저해제가 개발되고 있어 이들의 사용전망이 밝아오고 있다.

각 태 혼재할때 효과기대돼

특히 응애류와 같이 연간 발생회수가 많아 각 세대가 섞여 있거나 각 태가 서로 섞여 있는 경우에는 알과 유충을 동시에 죽일 수 없는 약제로는 좋은 방제 효과를 기대할 수 없다. 이러한 경우에는 Chitin생합성 저해제의 효과가 십분 발휘될 수 있을 것이다. Knock-down 효과가 없다는 점은 일반 곤충의 경우와 마찬가지로이지만 나방류와 같은 해충의 경우에는 약제살포후 바로

그 해충의 생사를 확인할 수 있으나 두점박이응애와 같은 경우에는 몸이 아주 작아 육안으로 잘 보이지 않으므로 실사용자들이 금방 그 생사를 확인할 수 없기 때문에 Knock-down 효과는 문제되지 않으며 방제효과면에서는 지속적인 밀도 억제효과가 훨씬 더 크게 작용될 것임으로 실사용자들에게도 매력적일 수가 있다. 실제 국내에서 실시한 효과 시험을 통해서 얻어진 성적에서도 이러한 지속적인 밀도 억제효과가 인정되고 있으며 유충은 물론 살란효과도 상당히 높아 기존 살란제와 동등한 효과를 보이고 있다.

저항성응애 방제에 좋을듯

또한 현재까지 사용되어온 여러 약제들에 대해 저항성이 발현된 경우에도 작용기작이 전혀 다른 약제개발에 크게 도움이 될 것이다. 물론 이러한 약제에 대해서도 저항성 계통의 출현 가능성은 전혀 배제할 수는 없다. 최근 응애류의 발생이 증가되고 있는 추세에 있으며 특히 사과 등의 경우 방제가 까다로운 두점박이응애의 발생비율이 점차 높아져 7월 이후에는 거의 사과응애를 볼 수 없을 정도로 응애

의 발생양상이 변화되고 있는 실정에 비추어 볼 때 응애방제용 Chitin생합성저해제의 개발은 상당한 기대를 모을 수 있으리라 생각된다.

2 품목은 이미 국내포장시험 실시

과수등에 문제되는 응애류 방제를 위해 세계의 저명 농약회사들이 이러한 Chitin 생합성저해제의 개발을 위해 노력해 온 결과로 이미 다음 두 품목이 개발되었으며 국내에서도 실내 및 포장에서의 자체시험을 진행하고 있는 중이다. 즉 Cropotex란 상표명으로 독일의 Bayer社에서 과수응애류 방제를 위해 개발된 Flubenzimin과 네델란드의 Duphar社에 의하여 개발되고 있는 PH70-23(상표 및 일반명 미정)

등이 알려지고 있다. 작년도 사과나무에 발생된 두점박이응애를 대상으로 PH-70-23을 공시하여 기존약제들과 비교 시험해본 결과에 의하면 <표2>에서와 같이 처리후 2일까지는 효과가 저조하였으나 일주일 후에는 77%, 2주 후에는 83%로 비교적 높은 방제가를 보여 주었다. 본 시험의 결과로 미루어 보아 본 약제와 기존 속효성 약제와의 혼용처리 및 혼합제의 개발이 더욱 바람직스럽지 않을까도 생각된다. 그 이유로는 포장조건상 응애밀도가 저밀도 조건일 경우에는 일반적으로 성충의 비율이 높아져 작용기작상 성충에 효과가 약한 Chitin생합성 저해제의 방제가가 예상보다 낮게 나타날 가능성이 높으므로 성충 전문 살

표 1. 두점박이응애(성충+유충)에 대한 약제별 방제가

(朴, 1986. 7~8月, 경기도가평)

약 제 명	처리전 밀도 (마리/엽당)	방 제 가 (%)		
		처리 2일후	처리 7일후	처리 14일후
P 약제	31.6	53.2	54.2	45.2
PH70-23	68.3	39.4	77.0	83.1
T 약제	78.4	43.1	81.1	74.6
*PH70-23 P 약제	82.2	43.1	81.2	92.1
무처리	40.6	0	0	0

* 회석배수 500배사용

** PH70-23 1,000배와 P 약제 2,000배의 배합(P 약제와 T 약제는 실제 추천 사용농도로 처리함)

비제와의 혼용처리가 바람직하다. 그러나 일당 평균 응애수가 40~50마리 이상의 고밀도 조건 하에서는 유충과 알의 비율이 전체 응애수의 90% 이상을 차지함으로써 약효가 높게 나타날 뿐 아니라 약효의 지속기간도 타약제에 비하여 길어 장기적인 밀도 억제효과가 클 것으로 기대된다.

외국에서의 시험결과를 보면 과수의 잎말이나방류, 십식나방류 등을 비롯한 각종 나방류 해충과 가루이, 바구미등에도 효과가 있는 것으로 판단된다.

그외 곤충생리 활성물질의 일

종인 Chitin생합성저해제로는 Zocon社에 의하여 개발되었으나 현재 그 생산이 중단된 노린재류, 나방류, 딱정벌레류해충 방제용 Altozar(일반명:Hydroprene), 가루이, 깍지벌레, 진딧물등 주로 노린재류 해충대상인 Enstar(일반명:Kinoprene) 등이 있으며 역시 Zoecon社에 의해 개발되어 버섯재배의 파리방제, 담배의 저장해충, 모기유충인 장구벌레, 가축의 벼룩방제용 등으로 미·영국 등지에서 상품화된 Methopren(Altosid, Apex, Diacon) 등을 들 수 있다.

병해충 미리 막고
약뿌릴때 안전사용