

## 바이러스 살충제

# 실용화 어디까지 왔나?

곤충 바이러스病  
연구동향과 이용전망을 알아본다

임 대 준

농업기술연구소 곤충과  
곤충병리연구실 (농학박사)

### 1. 머리말

지구상에 존재하는 곤충수는 약 100만종에 이른다고 한다. 이 많은 곤충들도 일반생물과 같이 병원미생물인 세균, 바이러스, 곰팡이, 원생동물 및 리켓치아등 많은 병원체에 의해 질병을 얻게 된다.

곤충의 병은 160년 전 이탈리아의 Bassi(1835)에 의해 누에에서 처음으로 균음병을 일으키는 병원균이 *B. eauveria bassiana* (BALS)임을 밝힘으로써 당시 유럽에서 성행하던 꿀벌과 누에를 질병으로부터 보호하려는 입장이었다. 한편 해충의 측면에서는 곤충의 병을 이용하여 방제의 가능성을 확인함으로써 생물적 방제의 토대가 이루어졌다.

곤충의 병원미생물을 해충방제에 이용하여 성공한 예는 많으나 병원체를 대량 증식하여 미생물 살충제로 상품화한 것은 1950년대에 *Bacillus thuringiensis*를 세균제제로 시판한 것이 처음이다. 이 제제는 기존 유기합성제제와 비교할 때 매우 높은 살충효과를 나타낼 뿐 아니라 많은 해충을 대상으로 적용할 수 있는 장점이 있으나 양잠, 양봉농가를 고려해야 하는 우리나라의 경우 그 사용이 제한되어 있는 실정이다. 그러나 곤충바이러스를 해충방제에 이용하게 되면 바이러스는 이러한 문제점을 해결할 수 있는 특이성이 있기 때문에 가장 각광받을 수 있는 미생물 살충제 개발분야가 될 수 있다.

우리나라에서의 곤충바이러스 연구

는 1970년초부터 시작되었기 때문에 외국에서와 같이 활발한 진전을 볼 수 없다. 그러나 이 글을 통하여 곤충바이러스병에 대한 일반의 이해와 국내외의 최근 연구동향을 비교함으로써 앞으로 보다 관심있는 연구분야가 될 수 있기를 기대하며 최근 생물적 방제에 널리 이용되고 있는 Baculovirus인 핵다각체병 바이러스와 과립병 바이러스를 중심으로 알아보기로 한다.

## 2. 곤충바이러스병

### 가. 분류

곤충바이러스는 바이러스입자의 성상 즉, 핵산 형태, 단백질·지방 및 탄수화물 성분, 물리화학적 특성, 입자 형태, 항체반응 등과 바이러스 핵산의 복제방법 및 생물학적 관점을 위주로 분류되고 있다. 표 1에서와 같이 현재까지 분류된 곤충바이러스는 DNA 바이러스와 RNA 바이러스 각 5과(科)로 모두 10과로 보고되어 있다. 이외에 매우 작은 형태의 RNA 바이러스중 미분류된 종도 많다.

특히 Baculovirus는 동물이나 식물에서는 볼 수 없는 곤충특유의 바이러스로서 해충방제는 물론 생명공학에도 이용되고 있다.

표 1. 곤충바이러스병의 종류

과(科)	속(屬)	핵 산	바이러스입자 형태	봉입체 형성	생화학적 및 생물리적 유사성	
					동물	식물
Baculoviridae	핵다각체병바이러스(NPV) 과립형바이러스(GV)	ds DNA	막대기형	+	-	-
Poxviridae	곤충꼭소리바이러스(E PV)	ds DNA	난형또는방주형	+	+	-
Reoviridae	세포질다각체병바이러스(CPV)	ds RNA	정 20 면체	+	+	+
Iridoviridae	홍색바이러스(IDV)	ds DNA	"	-	+	-
Parvoviridae	농핵병바이러스(DNV)	ss DNA	"	-	+	-
Bisegmented ds RNA virus	초파리-X 바이러스	ds RNA	"	-	+	-
picornaviridae	미 분 류	ss DNA	"	-	+	-
Rhabdoviridae	시그마바이러스	ss RNA	탄환모양, 간상형	-	+	+
Nudaurelia B virus group	미 분 류	ss RNA	정 20 면체	-	-	-
Nodaviridae	"	ss RNA	"	-	±	-

나. 숙주곤충

곤충의 분류는 학자에 따라 다르나 곤충강(綱)에는 33목(目)이 속해 있다. 이 중 곤충바이러스병이 알려진 목은 표2에서와 같이 9목에 달한다. 주요 목별로는 나비목이 67.3%, 파리목 14.1%, 벌목 8.7%, 딱정벌레목 5.8% 순으로 전체 바이러스 감염 해충 종수(種數)인 1,700여종의 96%를 차지하고 있다. 목별 특징으로는 나비목은 곤충바이러스 전반에 걸쳐 분포되고 있고 파리목은 홍색바이러스와 세포질다각체바이러스, 벌목은 핵다각체바이러스와

꽃벌에서의 피코나바이러스, 딱정벌레목은 곤충톡스바이러스가 대부분이다.

주요 곤충바이러스별 숙주곤충은 핵다각체바이러스의 경우 나비목이 45여종, 벌목이 30여종, 파리목이 25여종이고 과립바이러스는 나비목에 150여종이며 세포질다각체병은 나비목 200여종과 파리목 40여종이 알려져 있다.

다. Baculovirus의 특성

Baculoviridae에 속하는 바이러스 중 핵다각체 바이러스(Nuclear Polyhedrosis Virus : NPV)는 다

표2. 곤충목별 주요 바이러스병

(Martignoni 와 Iwai, 1986)

목 명	감염곤충 종수	주요 바이러스병						
		NPV	G V	CPV	EPV	DNV	IDV	PNV
딱정벌레목	97	○			○	○	○	
파리목	235	○		○		○	○	
노린재목	16					○		
벌목	144	○		○	○		○	○
나비목	1119	○	○	○	○	○	○	
풀잠자리목	5	○	○					
매뚜기목	45				○	○	○	
줄목	1	○						
날도래목	1	○						

\*NPV 핵다각체바이러스

GV 과립바이러스

CPV 세포질다각체바이러스

EPV 곤충톡스바이러스

DNV 농핵바이러스

IDV 홍색바이러스

PNV 피코-나바이러스

각체(多角體)라고 부르는 봉입체(封入體)를 형성하는 것이 특징이다. 다각체의 크기는  $0.5 \sim 15 \mu\text{m}$ 로 숙주곤충에 따라 외견상 삼각형, 사각형 또는 부정형의 형태를 나타낸다. 다각체 내에는 막대기 모양의 크기가  $40 \sim 70\text{nm} \times 250 \sim 400\text{nm}$ 인 비리온(Virion)이 있으며, 하나의 비리온 내에는 뉴클레오캡시드(nucleocapsid)가 1개인 SNPV(Single nucleocapsid nuclear polyhedrosis virus)

와 여러개인 MNPV(Multi-nucleocapsid nuclear polyhedrosis virus)로 나뉜다.

한편 과립병바이러스(Granulosis Virus:GV)는 그라눌럼(granulum)이라 부르는 봉입체를 형성하며 그 형태는 타원형으로 크기는  $1 \mu\text{m}$ 이다. 그라눌럼에는  $30 \sim 100 \times 200 \sim 400\text{nm}$ 크기의 비리온이 한개씩 포매되어 있으며 가끔 두개인 것도 보인다(사진 1).

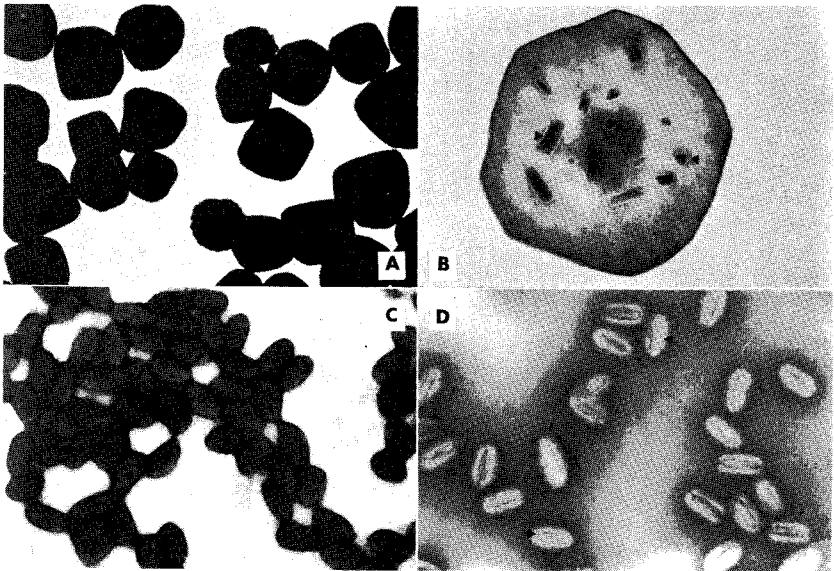


사진 1. Baculoviruses 의 전자현미경 사진

A, B : 헥사각체병 바이러스의 외형(A) 및 내부형태(B)

C, D : 과립병바이러스의 외형(C) 및 내부 형태(D)

\* ▶ 포는 막대기모양의 nucleocapsid 를 나타내며 B의 경우 한 비리온 내에 여러개의 nucleocapsid 가 들어 있음.

Baculovirus는 분자량 30kd 크기의 폴리펩타이드인 폴리헤드린(Polyhedrin) 또는 그라눌린(granulin)으로 되어 있다. 이와같이 단백질로 둘러싸인 비리온은 외부의 불량환경으로부터 보호될 수 있는 역할을 하기 때문에 바이러스 살충제 개발에 있어서 큰 장점을 지닌다 하겠다.

최근에는 단백질 생산에 있어서 핵다각체병 바이러스를 이용함으로써 의약품 개발 연구에 큰 몫을 차지하고 있는 실정이다. 아직 Baculovirus를 생산하는 방법으로 숙주곤충의 세포핵에서만 증식시켜야 하나 앞으로 경제적인 해결방안만 모색된다면 곤충의 배양세포를 이용하는 방법도 가능하다고 본다.

### 3. 국내외 연구동향

#### 가. 국 내

우리나라에서의 곤충바이러스 연구는 해충방제용 보다는 익충인 누에를 보호하려는 측면에서 시작되었다. 해충방제 이용연구는 1975년 뽕나무를 가해하는 흰불나방 유충에서 핵다각체병바이러스를 국내에서 처음 분리·동정함으로써 활발한 연구가 진행되어 가고 있다.

최근에는 남부지방에서 문제해충화되고 있는 담배거세미 나방에서도 핵다각체병바이러스를 발견하여 농업

기술연구소에서는 1987년부터 바이러스살충제개발을 위한 연구가 3개년계획으로 수행중이다. 주요내용은 1) 바이러스 증식을 위한 숙주곤충의 대량 인공사료 사육법 2) 바이러스의 특성 3) 병원성 4) 감염 조직관찰 5) 바이러스 대량증식법 6) 살충제 제제화시험 7) 실증시험 등이며 6), 7)의 시험은 이미 보고된 상태이다.

현재까지 곤충 바이러스의 연구는 숙주곤충에 의존하고 있다. 앞으로 분자 생물학연구에 필요불가결한 곤충 세포 배양기술 이용도 함께 수행되어 곤충의 초대배양과 바이러스 증식연구가 활발할 것으로 생각된다.

한편 국내에서의 천적미생물 조사와 함께 외국에서 곤충 바이러스를 분양받아 국내 문제해충의 생물적 방제에 이용코자 자원수집을 계속할 계획이다. 지금까지 농업기술연구소에 수집보관중인 자료를 보면 표3과 같다.

#### 나. 국 외

해충방제에 이용하기 위한 곤충바이러스병의 연구는 1975년 담배나방의 1종인 *Heliothis zea*를 방제하기 위하여 핵 다각체병 바이러스를 바이러스 살충제인 Elcar<sup>®</sup>로 등록한 이래 현재까지 11종의 해충에서 17종이 제품화되어 있다.

표 3. 곤충바이러스 보유목록

(농업기술연구소 곤충과 곤충병리연구실)

국 내 발 견	도 입
<b>핵다각체병바이러스</b> <i>Hyphantria cunea</i> (흰불나방) <i>Lymantria dispar</i> (집시나방) <i>Samia cynthia walkeri</i> (가중나무산누에나방) <i>Spilosoma imparilis</i> (뽕나무일락불나방) <i>Spodoptera litura</i> (담배거세미나방)	<i>Anthereae yamamai</i> (참나무 산누에나방) <i>Autographa californica</i> (밤나방 1종) <i>Chrysodeixis chalcites</i> (은무늬밤나방 1종) <i>Euproctis pseudoconspersa</i> (차독나방) <i>Heliothis armigera</i> (왕담배나방) <i>Hyphantria cunea</i> (흰불나방) <i>Lymantria dispar</i> (집시나방) <i>Mamestra brassicae</i> (도둑나방) <i>Mocis frugalis</i> (밤나방 1종) <i>Spodoptera exigua</i> (사탕무우도둑나방) <i>S. litura</i> (담배거세미나방) (= <i>S. littoralis</i> ) <i>S. frugiperda</i> (밤나방 1종) <i>Trichoplusia ni</i> (양배추금무늬나방)
<b>과립병바이러스</b> <i>Archippus brevipicanus</i> (사과무늬일말이나방) <i>Plutella xylostella</i> (배추좀나방)	<i>Heliothis armigera</i> (왕담배나방) <i>Plutella xylostella</i> (배추좀나방)
<b>세포질다각체병바이러스</b> <i>Heliothis assulta</i> (담배나방) <i>Lymantria dispar</i> (집시나방)	

이러한 바이러스 살충제는 미국의 경우, 환경청에서 제품 등록에 필요한 인축, 환경, 잔류 독성등 안전성 시험과 까다로운 절차를 거쳐야 승인이 된다.

곤충바이러스를 증식하기 위해 이미 50여년 전부터 곤충 세포를 이용하려는 연구가 시도되어 왔다. 미국

Beltsville 소재 농무성 곤충병리연구실의 경우, 전 세계에서 확립된 곤충세포주의 수집으로 현재까지 100여종의 세포주를 보관하고 있다. 곤충바이러스는 숙주곤충 유래의 조직에서 세포주를 확립하더라도 비감염성을 나타내는 수가 있기 때문에 세포주의 수집은 바이러스 감염여부를

표 4. 상품화된 곤충바이러스 살충제

병원 바이러스명	제 품 명	대 상 해 충	사 용 국
<i>Autographa californica</i> NPV	SAN - 404	밤나방 1종	미 국
<i>Spodoptera exigua</i> NPV	Biotrol - VSE	"	"
<i>Heliothis zea</i> NPV	Biotrol - VHZ, Elcar	담배나방 1종	"
<i>Trichoplusia ni</i> NPV	Viron - H		
	Biotrol - VTN	은무늬밤나방 1종	"
	Viron - T		
<i>Cydia pomonella</i> NPV	SAN - 406	심식나방 1종	"
<i>Orgyia pseudotsugata</i> NPV	TM - Biocontrol 1	독나방 1종	"
	Virtuss	"	캐나다
<i>Lymantria dispar</i> NPV	Gypchek	집시나방	미 국
	Virin - Ensh	"	소 련
<i>Neodiprion sertifer</i> NPV	Neochek - S	잎벌 1종	미 국
	Virin - Diprion	"	소 련
<i>Neodiprion lecontei</i> NPV	Lecontvirus	"	캐나다
<i>Pieris rapae</i> GV	Virin - GKB	배추흰나비	소 련
<i>Dendrolimus spectabilis</i> CPV	Matsukemin	솔나방	일 본

파악하는데 이용되고 있다. 곤충배양세포를 이용한 곤충바이러스의 대량증식법이 확립되어 있으나 경제적인 면에서 실제 이용 하기는 어려운 단계에 있다.

앞서도 기술하였듯이 곤충 바이러스, 특히 Baculovirus는 단백질 덩어리로 되어 있기 때문에 의약품 개발을 위한 벡터로 이용되고 있다. 즉, 밤나방의 1종인 *Autographa californica* 핵다각체바이러스를 벡터로, 사람의 질병을 치료할 수 있는  $\beta$ -인터페론을 생산하거나 누에 핵다각체

병바이러스를 벡터로 이용하여  $\alpha$ -인터페론 개발에 좋은 결과를 얻고 있다.

이와같이 국외에서의 곤충 바이러스 연구동향은 해충방제로서 뿐만 아니라 유전공학 분야에도 폭넓게 이용되고 있다.

#### 4. 해충방제 이용전망

지금까지 해충방제는 주로 유기합성 살충제에 의존해왔기 때문에 인축독성은 물론 해충의 살충제 저항성

◎ 바이러스 살충제, 실용화 어디까지 왔나 ◎

증대, 잠재해충의 문제화, 천적의 감소, 환경오염 등 많은 부작용을 초래하고 있다. 외국에서는 이미 화학살충제 사용 횟수의 절감과 생물적 방제수단을 병행하여 해충의 종합관리 체계를 이루고 있다.

가. 곤충바이러스 이용의 장점

곤충 바이러스는 1) 해충에 대하여 선택적이고 인축에 안전하며 환경을 파괴하지 않는 방제매체로 종합적 해충방제 또는 해충관리에 이상적이다. 2) 해충의 저항성증대로 화학살충제를 더 이상 사용할 수 없을 경우에 이용될 수 있다. 3) 유효한 살충제가 사용제한이 될 경우

표 5. 우리나라에서의 방제기능 주요대상해충과 응애

해 충 명	작 물	이용바이러스
<i>Adoxophyes orana</i> (애모무늬일말이나방)	FC	NPV, GV
<i>Agrotis segetum</i> (거세미나방)	FC, VC	GV
<i>Archippus breviplicanus</i> (사과무늬일말이나방)	TF	GV
<i>Chilo suppressalis</i> (이화명나방)	FC	GV
<i>Cnaphalocrosis medinalis</i> (혹명나방)	FC	GV
<i>Dendrolimus spectabilis</i> (솔나방)	F	CPV
<i>Heliolithis armigera</i> (왕담배나방)	FC	NPV
<i>H. assulta</i> (담배나방)	FC	NPV, CPV
<i>Hyphantria cunea</i> (흰불나방)	F, FC, TF	NPV
<i>Lymantria dispar</i> (검시나방)	F, FC, TF	NPV, CPV
<i>Mamestra brassicae</i> (도둑나방)	FC, VC	NPV
<i>Neodiprion sertifer</i> (솔노랑잎벌)	F	NPV
<i>Oryctes rhinoceros</i> (남방장수하늘소)	TF	NV
<i>Pieris rapae</i> (배추흰나비)	FC, VC	GV
<i>Plutella xylostella</i> (배추좀나방)	FC, VC	GV
<i>Spilosoma imparitis</i> (뿔나무일락불나방)	F, FC, TF	NPV
<i>Spodoptera exigua</i> (사탕무우도둑나방)	FC, VC	NPV
<i>S. litura</i> (담배거세미나방)	FC, VC	NPV
<i>Panonychus ulmi</i> (사과응애)	TF	NV

\* F : 산림, FC : 농작물, TF : 과수, VC : 채소

\* NPV : 핵다각체병바이러스

CPV : 세포질다각체병바이러스

GV : 과립병바이러스

N V : 비봉입체바이러스



이용할 수 있다. 4) 화학살충제 의존도를 감소시킬 수 있다.

#### 나. 곤충바이러스 이용대상 해충

우리나라에서 이미 발견 되었거나 발견될 가능성이 있는 곤충바이러스 병과 그 방제대상 해충을 보면 표5와 같다. 이 중 담배 거세미나방은 제제화와 함께 실증시험을 할 계획이며 배추좀나방, 사과무늬잎말이나방, 집시나방, 흰불나방, 도둑나방 등은 앞으로 바이러스살충제 개발에 이용될 전망이 밝은 해충이다.

### 5. 맺음말

요즘 유행하는 소위 ‘무공해 농약’으로 곤충바이러스 이용이 대두되고 있다. 외국에 비하여 훨씬 뒤떨

어져 있기는 하지만 우리나라에서 문제시되는 해충을 대상으로 바이러스 감염여부를 조사하여 둘 필요가 있으리라고 본다. 바이러스이용에 앞서 바이러스를 경제적으로 대량증식할 수 있는 체계확립과 인축에 대한 안전성, 그리고 환경오염에 대한 연구가 계속 되어야 할 것이다. 이용에 있어서 해충의 관리 개념을 토대로 자연생태계의 원활한 유지를 도모할 수 있어야 한다. 한편 곤충바이러스는 Baculovirus의 특성을 이용하여 유전공학기법으로 gene expression 벡터로 활용할 수 있도록 기초연구부터 수행되어야 할 것이다.

앞으로 연구재료로 많이 이용될 곤충바이러스에 대한 보다 깊은 흥미와 관심으로 이 분야가 더욱 확대 발전되리라 기대하여 본다.

