

◎ 미생물 살충제의 개발과 효과

(연) 나비목 해충에 효과높게 활용돼

(재)

(I) ————— 大量生産단계에 이른 Virus제제

충남대학교 농과대학 교수

장 영 덕

기주특이성이 가장 큰 장점

1. 머릿말

농작물 해충을 비롯한 많은 곤충들도 다른 동물들과 같이 세균이나 바이러스, 곰팡이, 리켓치아, 선충, 원생동물등의 여러 병원 미생물에 의하여 각종 질병에 걸려서 죽게 된다는데 착안하여 된것이 미생물 살충제이다. 우리들은 1945년 이래 지금까지의 각종 유기합성 살충제들이 식량증산에 많은 공헌을 해 왔음에도 불구하고, 이들 살충제의 연용으로 인한 저항성의 증가와 남용으로 인한 천적의 감소와 오염으로 인한 식품에 이르기까지의 농약성분잔류 등 많은 문제점이 있는 것으로 주

장을 하고 있다.

이러한 여러 문제를 해결하기 위한 하나의 수단으로서 곤충 병원미생물을 살충제로서 사용하기 위한 개발을 서두르게 되었다. 그 이유를 든다면, 우선 목적인 특정 해충에만 효과적이며, 타 생물상에는 매우 안전하다는 것이 가장 큰 이유중의 하나일 것이다.

곤충의 질병중 가장 많이 연구된 것은 나비세균과 몇가지 바이러스 종류에 대해서 집중적인 연구가 이루어져 왔는데 특히 바이러스는 특정한 기주에 대해서만 효과를 나타내는 기주 특이성을 가지고 있다는 것이 장점이라고 할 수 있으며 우리나라의 경우 비교적 인건비를 비롯한 시설비 등의 개발비용이 유기합

□ 미생물 살충제의 개발과 효과 □

성 살충제보다 적게 들므로 이에 대한 연구가 많이 이루어졌으면 한다.

전여종중 450여종이 Virus病

전여종의 곤충 질병중 약 450종이 바이러스에 의한 병인데, 이중 약 30%가 곤충 질병과 관련이 있는 것으로 알려져 있으며, 약 83%가 나비목 곤충에서 발견되고 있으며, 나머지 14%가 벌·파리목 곤충에서, 그리고 3%가 딱정벌레목, 메뚜기목, 응애류등에서 볼 수 있다.

(표 1) 각종 곤충에서 발견되는 바이러스의 분포

곤충류	발견된 바이러스(%)
나비목(나비, 나방)	83
벌목(벌, 개미)	10
파리목(파리, 모기)	4
딱정벌레목	1
메뚜기류	1
응애류	1

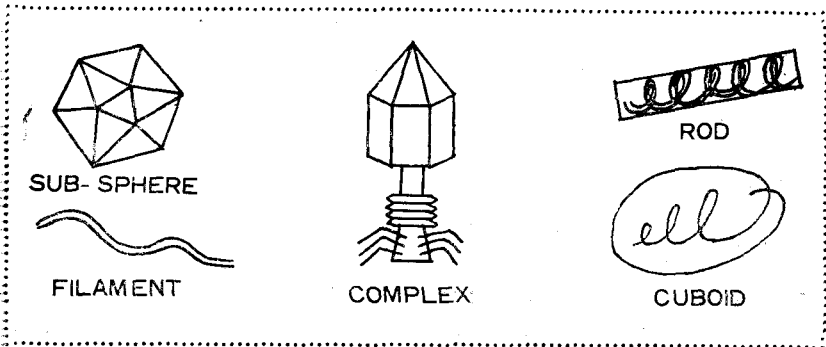
함유체 Virus가 96% 차지

그리고, 지금까지 밝혀진 곤충 바이러스 가운데 약 94%가 일정한 모양의 단백질 결정체의 구조를 가진 소위 함유체 바이러스들이며 나머지 약 6%가 함유체를 가지고 있지 않은 바이러스 종류들이다. 이들중 가장 종류수가 많은 것이 핵 다각체 바이러스로서 138종이나 되며, 전체 바이러스의 약 41%를 차지하고 있으며 다음이 세포질 바이러스로서 121종(42%), 입상 바이러스 42종(13%) 등의 순위이다.

곤충 Virus의 종류와 특징

모든 동식물의 바이러스 병은 소위 바이러스 감염입자 즉 virion(비리온) 내에 들어 있는 핵산에 의하여 유발되는데 이 비리온의 모양은

◇ Virion의 여러가지 形態



실모양, 막대형, 구형 또는 복합형 등 여러가지가 있는데 특히 곤충의 NPV, CPV, GV, PXV 등은 모두 함유체를 가지고 있는 것이 특징이다.

또한 곤충 바이러스의 분류체계는 함유체의 유무와 함유체의 형태 그리고 Virion의 특징, 핵산의 형태나 함유율, 핵산의 나선구조 상태, 핵산의 분자량등에 의해서 분류되며 이외의 기준이 되는 것은 병의 표징, 바이러스의 증식장소, 화학적 감응도, 혈청학적인 것등이 보조수단으로 사용된다. 각종 곤충 바이러스의 종류와 특징에 대하여 간단히 알아 보면 다음과 같다.

(가) 핵다각체 바이러스(NPV)

곤충 바이러스의 약 41%를 차지 하며 주로 나비목, 벌목, 파리목, 메뚜기목 곤충에서 발견되며 Virion은 날개로 또는 다발의 형태로 다각형의 함유체(PIB)에 들어가 있으며 PIB의 크기는 0.2~15 μ 이다.

곤충 Virus의 약 41% 차지

Virion의 크기는 직경이 40~80 μ 이며 길이는 230~420 μ 이다. 2중나선의 DNA를 함유하고 있으며 분자량은 50~100 $\times 10^{16}$ 이다.

Virus가 세포 핵속에서 분열

바이러스는 세포의 핵속에서 증식되며 각 세포층(외·중·내세포층)이 전부 감염되면 피부가 파열되거나 죽게 된다.

(나) 세포질 다각체 바이러스(CPV)

성충 수명과 생식력 감퇴시켜

Virion은 PIB속에 한개씩 들어 있으며 PIB의 직경은 0.5~15 μ 이다. Virion은 구상이며 직경은 60 μ m으로 그중 나선상의 RNA를 함유하고 있다. 주로 나비목, 풀잠자리목, 파리목 곤충들에서 볼 수 있는데 중위의 외피세포의 세포질 내에서 증식된다. 일반적으로 감염되면 쇠약해져서 유충의 발육이 지연되며 따라서 성충의 수명과 생식력 또한 감퇴된다.

(다) 미립상 바이러스(GIV)

함유체는 타원형으로서 1개 또는 2개의 Virion을 가지고 있으며, 크기는 200 \times 400 μ 이다.

세포질서 증식, 세포 침해

Virion은 NPV와 비슷하며 막대

(표 2) 주요 곤충 바이러스의 종류와 특징

바이러스의 형태	종류 수	유전물질 (핵산)	증식장소	함 유 체		비 리 은		함유체당 바이러스 수
				모양	크 기 (m μ)	모양	크 기 (m μ)	
함유체 바이러스	핵다각체 바이러스 (NPV)	138 DNA	중피 내피 세포	다각형	200—2,000	막대형	400×80	10—100
	세포질다각체 바이러스 (CPV)	121 RNA	중장 세포질 외피 세포	다각형	500—2,500	나선형	30—80	100—1,000
	미립상 바이러스 (GIV)	42 DNA	지방체 및 기관의 핵 세포질	타원형	200×400	막대형	350×50	1—2
	폭스 바이러스 (PXV)	12 DNA	지방체 조직	다각형	2,000—8,000	타원형	250×300×200	—
	다형체 바이러스 (PMV)	1 ?	? 지방 혈구 세포의 세포질 ?	부정형	5,000—15,000	—	—	—
비함유체 바이러스	구형 바이러스	12 RNA	세포질	없음	없음	구형	—	10—100
	이리테슨 바이러스	6 DNA	세포질	"	"	"	130	—
	막대형 바이러스	2 RNA	"	"	"	막대형	—	—
	텔소뉴클레오 바이러스	1 DNA	"	"	"	구형	20—25	—

모양이고 DNA를 함유하고 있다.

바이러스는 핵이나 세포질 속에서 증식되어 곧 지방체나 기관 또는 외피세포를 침해하게 되는데 감염되면 증세는 NPV에 걸렸을 때와 비슷하며 대부분이 죽게 된다.

(라) 폭스 바이러스(PXV)

근년에 발견된 바이러스로서 함유체의 크기는 2~8 μ 으로 매우 크며 타원형 내지 다변형이다. Virion은 타원형 내지 입방형으로서 250×300×200m μ 의 크기로서 DNA를 함유하고 있다.

특히 지방조직에서 증식

이 바이러스는 감수성 세포의 세포질이나 특히 지방조직 내에서 증식된다. 이 바이러스는 주로 나비목, 파리목, 딱정벌레목에서 발견된다.

(마) 다형체 바이러스(PMV)

지금까지는 배추흰나비에서만 발견되고 있는데 함유체는 5~15 μ 으로서 부정형이며 지방조직이나

혈구의 세포질서도 발견

혈구의 세포질내에서 발견된다. 이 바이러스의 Virion에 대해서는 아직 잘 밝혀지지 않고 있다.

(바) 비합유체 바이러스(NIV)

곤충 바이러스의 약 10%가 함유체를 갖고 있지 않으며 Virion은 대개 200m μ 이하의 탄환모양으로 RNA를 함유하고 있다. 초파리의 sigma-avirus가 이에 속하며, 20~25m μ 의 소형의 Virion을 가지고 있고 DNA를 함유하는데 멘소뉴클레오 바이러

스가 이에 속하며 이리데손 바이러스와 Virion이 없는 입상상징의 바이러스등이 이에 속한다.

나비목 해충에 효과 높아

해충방제에 이용가능한 바이러스의 종류와 해충들에 대해서 조사한 바 NPV와 GIV에서 많이 볼 수 있었으며(표 2) 일반적으로 나비목 곤충에서 그 효과가 높음을 알 수 있었다. 한편 바이러스별 해충에 대한 독성효과와 기주 특이성에 대하여 조사된 것을 보면 다음의 (표3)에서 보는바와 같다.

(표 3) 각종 해충방제에 이용된 바이러스의 종류

바 이 러 스	적 용 해 충 명		
핵다각체바이러스(NPV)	<i>Colias eurytheme</i>	알팔파일벌레일종	
	<i>Trichoplusia ni</i>	양배추은무늬나방	
	<i>Heliothis zea</i>	목화다래나방	
	<i>Neodiprion sertifer</i>	유럽소나무일벌	
	<i>Diprion hercynide</i>	유럽전나무일벌	
	<i>Malacosoma fragile</i>	지중해테트나방	
	<i>Porthetria dispar</i>	질시나방	
	<i>Choristoneura fumiferana</i>	젓나무순나방	
	세포질핵다각체바이러스(CPV)	<i>Thaumetopoca pityocampa</i>	솔나방의일종
		미립상바이러스(GIV)	<i>Pieris brassicae</i>
<i>pieris rapae</i>	배추흰나비		
<i>Hyphantria cunea</i>	흰불나방		
폭스바이러스(PXV)	<i>Argyrotaenia velutinana</i>	잎달이나방의일종	
	<i>Choristoneura fumiferana</i>	젓나무순나방	
	<i>Pieris rapae</i>	배추흰나비	
비합유체 바이러스	<i>Panony chus citri</i>	꿀응애	

□ 미생물 살충제의 개발과 효과 □

(표 4) 몇가지 바이러스별 특성효과 및 기주특이성 비교

작용형태	해 다 각 체	세포질바이러스	미립상바이러스	비활유체바이러스
	바이러스 (목화다래나방)	(솔나방의일종)	(사과코드림나방)	각다귀-irrid- ecent바이러스
	치 사	희 약	치 사	희 약
치사량 LD50/gr 함유체수	200—8,000	28×10^5	13×10^5	—
Virion수 $\times 10^5$	2—8	14×10^5	$13—26 \times 10^5$	8—40
치사시간 LT50/일	3—6	7	3	14—28
함유체수/단보	15—150	81	125	?
저항성진전	보고없음	보고없음	보고없음	보고없음
기주범위	속(屬)	목(目)	과(科)	목(目)
환경오염문제	보통~양호	양호	조사중	약간

곤충 Virus의 대량생산

다른 바이러스와 마찬가지로 곤충 바이러스도 생체내에서만 생육이 가능한데 여러 종류의 기주 곤충이 실험실이나 공장에서 대량생산 기술체제가 확립되고 있는 실정이다. (표 5) 또한 바이러스 생산을 위한 기주 곤충의 생산가격을 비교하여 보면 다래나방(*Heliothis* sp)의 NPV의 경

우 대량 생산시에 실험실 규모보다 약 3배이상의 생산가격이 떨어진다 는 것을 알 수 있다. (표 6)

바이러스의 생산기술을 개략 열거 하여 보면 먼저 야외에서 해충을 채집하여 바이러스가 감염된 식물을 먹여 키우거나 바이러스에 걸려 죽어가는 곤충을 잡아다가 사육하는 방법외에 최근에는 인공합성사료를 이용한 사육기술이 발전되고 있는

(표 5) 실험실규모의 곤충바이러스 생산비교

해충명	먹이	바이러스	바이러스수/기주 (gr)
다래나방	사료	NPV	30
배추흰나비	사료	NPV	43
	broccoli-cotton	NPV	26
짚시나방	사료	NPV	30
유럽솔나방	소나무	CPV	5
외솔나방	소나무	CPV	30
코드림나방	사료	GIV	20
잎말이나방의일종	사과잎	GIV	10
젖나무순나방	사료	PXV	1
갈음애	레몬	NIV	1

(평 6) 생산규모에 따른 *Heliothis*의 NPV의 생산가 비교

생산규모	유충수/일	생산가격/유충
실험실생산	54,000	7.0
공장생산	1,000,000	4.8
대규모공장생산	4,200,000	2.0

데, 예를들면 나방의 경우 주사료에 비타민을 배합한 고휘사료에다 5~7일간 기른 후에 여기에다 바이러스를 산포한후 7~9일이 되면 죽어가는 해충을 볼 수 있는데 한 마리의 유충에서 6,000萬~3억 6,000萬개의 함유체를 생산할 수 있게 된다.

인공사료이용 대량사육 가능

그런 다음 죽은 유충을 채취하여 액화한 다음 여과시켜서 말린후 분말로 만들게 된다. 이 분말은 활성작용과 순도를 맞추기 위하여 표준화되며 제품으로 생산포장되고 이것은 실제로 포장에서 사용하게 되는 것이다.

일반적으로 바이러스를 원제량으로 해서 약 3g이면 1,200명에 살포할 수 있게 된다. 최근에는 여러가지 문제에도 불구하고 공장의 대량생산화가 이루어져 주당 100萬마리 이상 생산이 가능할 뿐만 아니라, 최근에는 조직 배양법이나 발효기술을 이용한 방법이 바람직하게 이루어지고 있는데, 생산가격을 낮추는

기술이 문제이며 특히 발효방법으로서 산세균이나 효모를 기주 대신 사용하여 생산하는 방법이 유망시되고 있다.

최근에는 발효방법이 유망

Heimpel은 미생물 살충제로서의 제품 생산의 조건을 다음과 같이 기술하고 있는데 첫째, 목표로 하는 곤충에는 높은 독성을 나타내야 하고, 둘째, 모든 이로운 곤충을 포함하여 다른 생물에는 해가 없어야 할 것이고 셋째, 생산 가격이 저렴해야 할 뿐만 아니라 효능이 장기간 지속되어야 하고 보존할 수 있어야 하며 넷째, 일단 처리를 받은 해충은 먹지 못하고 곧 죽어버려야 가장 이상적인 제품이라고 할 수 있다고 결론짓고 있다.

곤충Virus의 해충방제 실례

현재 약 40여종의 해충에 대하여 곤충 바이러스제를 살충제로 사용하고 있는데 미국을 비롯한 캐나다, 유럽, 남아프리카, 아시아등지에서 점차 그 사용이 증가하고 있는데, 특히 *Heliothis* sp.에 대한 방제는 잘 이루어지고 있는데 캐나다의 온타리오 지방의 경우 잣나무와 같은 수목에 가해를 하는 잎벌의 방제에 좋은 효과를 얻고 있는데 일단 한번 살포

□ 미생물 살충제의 개발과 효과 □

하므로써 자연적으로 계속해서 바이러스가 전파되어 방제가 이루어지게 된다.

한번 살포로 계속 방제 가능

살포시에는 배부식 분무기, 미스트기 등의 각종 살포기구를 사용하는 데 항공 살포시에는 10⁶나각체를 정보당 4.7ml를 살포하게 된다. 이때 배부식 분무기의 사용시 보다 미스트기를 사용했을 때에 10배 이상의 효과가 나타나므로 고성능 분무기를 사용하는 것이 좋다.

고성능 분무기가 성과 높아

또한, 목화 다래나방의 경우는 알라바마나 아칸소주를 비롯한 몇개의 주에서 매우 성공적인 방제가 이루어졌는데 그 효과는 재래 살충제의 살포시와 큰 차이가 없음을 (표7)에

(표 7) Viron H[®]에 의한 목화다래나방의 방제효과

제 제	수확량(LB)/에이카	
	평 균	범 위
Viron H	1878	575—3278
Viron H+ Carbon	2038	970—3192
Viron H+ IMC90001	2140	980—3585
표준살충제	2179	1095—3648
무처리	1647	392—2799

서 볼 수 있다.

중성상태에선 20年間 보관가능

곤충 바이러스를 야외에 살포할 경우 태양광선의 강한 자외선으로 인한 독성의 약화로 독성을 장기간 지속시킨다는 것은 매우 중요하고도 어려운 문제지만, 그 이외의 요인으로서 고온이나 저온의 경우와 살포시의 경우, 살포시 밑에 떨어진 입자들이 물에 씻겨 내리는 경우도 있으며, pH의 경우 중성의 상태에서 보관시에 20년까지도 유효하게 보관할 수 있으나 강산이나 알칼리 상태에서는 매우 불안정하다.

곤충Virus의 허가와 안정성

곤충 바이러스가 인체를 비롯한 각종 환경에 미치는 영향을 검토하기 위하여 미국의 EPA(환경보호청)는 매우 까다로운 허가 규정을 가지고 있는데, (표8)과 같은 검사규정을 거쳐야 한다.

우리나라서도 개발에 앞맞아

곤충 바이러스제의 개발은 우선 해충 방제에 얼마나 이용이 가능하며 효과가 있는냐에 달려 있으며, 우선 대량생산이 가능하여야 하고 안정성이 얼마나 있는가, 또한 야외의 해충 밀도를 얼마나 낮출 수 있는가에 따라서 개발여부를 결정하게

(표 8) *Heliothis* NPV의 안정성 검사규정 및 내용

검 사 내 용	시 험 동 물	경비(\$)
(1) 급성독성병원성		
식 입	쥐(생쥐), 새, 물고기, 꿀, 새우	6,000
흡 입	쥐	750
경 피	쥐, 토끼, 돼지	750
복강내주사	쥐(생쥐)	725
피하주사	쥐	500
(2) 예민성—자극성		
눈	토끼	500
피 부	토끼, 사람	6,500
(3) 아급성독성—병원성		
식 이	원숭이, 개, 쥐(생쥐)	25,000
흡 입	원숭이, 개, 쥐(생쥐)	18,000
피하주사	원숭이, 개, 쥐(생쥐)	18,000
(4) 기형발생	쥐(생쥐)	3,000
(5) 발 암 성	쥐(생쥐)	30,000
(6) 증식능력	사람, 조직배양	6,000
(7) 약 해	농작물	1,750
(8) 무척추동물—특이성	유익충, 절족동물	4,000

되는데 위에서 기술한 바와 같이 곤충 바이러스제는 기주 특이성이 매우 뚜렷하며 천적을 비롯한 타생물에 매우 안전하다는 장점이 있기 때문에 매우 유망시되고 있는데 미국을 비롯한 선진국에서는 다래나방과 순나방 방제를 위한 Viotrol VHZ, Viron/H, Virex, 일벌 방제에 poly Virocide, 멸강나방에 prodenia Virus, spodoptera Virus, Viotrol-VPO, Viotrol VSE, 양배추 은무늬나방 방제를 위해 Trichoplusia S Virus, Biotrol VTN 등 수많은 제품이 생산되고 있다.

〈표 9〉 미생물 살충제와 합성살충제의 개발비용

개발단계	합성살충제 SEVIN	미생물살충제 Thuricide
합성 및 선발	\$ 500,000	\$ 80,000
실험실내선발	200,000	480,000
포 장 시 험	300,000	250,000
독 성 시 험	350,000	250,000
특 허	25,000	25,000
제 제 화	80,000	100,000
생 산 개 발	450,000	355,000
공 정 개 발	350,000	275,000
시 장 개 발	250,000	200,000
계	2,505,000	2,015,000

특별한 시설투자 필요치 않아

우리나라의 경우, 인건비가 싸고 대규모의 공장시설이나 투자비용이 타 합성농약에 비해 많이 들지 않기 때문에 우리의 기술만 집약된다면

실험실 규모를 거쳐 대량생산 체제를 갖추어 각 작물에 이용가능한 해충부터 개발하여 종합방제 체계를 확립한다면 매우 좋은 전망이 있을 것으로 생각되어 우리나라에서도 곤충 바이러스제의 조속한 개발이 기대된다.

농약을 살포할 때는 한낮의 뜨거운 때를 피하여 반드시 바람을 등지고 살포해야 한다. 바람을 안고 살포하는 것은 농약을 스스로 흡입하고 마시는 결과를 초래 합니다.

