

미생물 살충제의

국내 실용화와 문제점

서울대학교 농과대학 부교수 강석권

유기합성농약의 산업발전, 특히 식량증산면에 있어서 농업발전에 관한 기여도는 거의 절대적인 것으로 인정되나, 사용자의 안전수칙기준 무시에 의한 인간이나 가축에 대한 직접적인 피해와 아울러 잔류독성에 의한 생물내 축적과 생태계 파괴, 저항성 해충의 출현 등 많은 문제점이 제기 되고 있는 것도 심각한 현실이다. 이러한 문제의 해결을 위한 농약업계의 노력은 보다 선택적이고, 살충효과가 뛰어나며, 동시에 분해가 빠른 새로운 형태의 농약을 개발 하는데 연구가 집중되어 지고 있어 그 결과가 주목되고 있다.

그러나 이러한 농약의 단점을 보완하고 나아가 보다 근본적인 해결을 위해서 해충의 종합적 관리에 관한 연구가 관심의 초점이 되고 있는데, 여기에는 새로운 유기합성농약 개발이외 천적의 이용, 곤충생리활성물질 이용, 해충병원 미생물을 이용하는 방법 등 목적해충 이외의 생물에는 전혀 무해한 생물적 방제법을 들 수 있다.

이들 중 특히 미생물적 방제법이란 해충에 대하여 병원성이 강한 유효 병원 미생물을 대량생산하여 만든 미생물 살충제를 이용하여 해충을 방제하는 수단으로서 선택성이 높고 목적곤충 이외의 생물에 대하여 무해한 관계로 일찌기 1945년 미국에서 처음 왜콩

풍뎅이 방제에 *Bacillus popilliae* 를 사용한 이래, 현재 구미 각국에서 세균, 사상균, 바이러스 등 많은 미생물 제제가 개발되어 시판되고 있다.

### 1. 미생물 농약의 개발현황

곤충에 있어서 병원균의 존재 사실은 기원전 3세기경에 그리스의 아리스토텔레스에 의해 처음으로 지적되었으나, 해충방제 수단으로 도입하기 위한 노력은 18세기말 부터 시작되어 20세기 초에는 상당한 연구발전이 이루어졌다. 그러나 1960년대까지는 유기합성농약의 위력에 크게 위축되었으나 그 후 적극적인 연구가 집중되어 *B. popilliae*, *Bacillus thuringiensis*(B. t), 담배나방바이러스 등 제품이 잠정적인 허가로 시판되었고, 현재는 B. t세균제제를 중심으로 바이러스제 등 많은 미생물 살충제가 개발되어 시판되고 있다.

동구 공산권을 비롯하여 유럽 일부 국가에서 생산

표에서 보면 개발된 미생물

제제의 종류는 사상균이 3종, 주로 핵다각체병바이러스 계통의 바이러스제제가 10여종, B. t를 위주로 하여 *B. moritai*, *B. popilliae* 등 세균이 20여종으로서 주로 미국, 소련, 프랑스, 및 동구 공산권을 비롯한 유럽의 일부 국가에서 생산되어지고 있다. 이들 중 연산 300~500만 파운드로 추정되어 미생물제제의 대종을 이루고 있는 B. t제제는 나비목을 중심으로 방제대상 해충숙주역이 넓고 포자형성시 세균의 세포내에서 살충력이 강한 내독소 단백질을 생성하기 때문에 화학농약과 대등한 효력이 있어 그 수요는 매년 10~20%씩 증가되고 있는것으로 보고 있다.

이외 B. t제제의 장점으로는 공업화가 용이하여 탱크배양, 원심분리, 부가제 첨가 및 제제화 등 생산체계가 비교적 간단한 점을 들 수 있다. 이에 비해 바이러스제제의 양산체계는 생체증식체계와 곤충세포배양에 의한 증식체계로 대별 할 수 있는데, 현재 제품화 되고 있는 제제는 전부가 전자의 증식체계를 도입하여 양산하고 있고 후자의 경우는 생체증식체계가 복잡하기 때문에 자동화가 곤란하고 경

〈표 1〉 세균 및 기타 살충제

병 원 체	제 품 명 (생 산 국)
(세 균)	
<u>Bacillus popilliae</u>	Doom, Japidemic, Milky Spore Disease. (U. S. A.)
<u>Bacillus thuringiensis</u>	Dipel, Thuricide, Certan, Bactur. (U. S. A.) Bactospeine, Plantibac, Sporejne. (France) Biospor. (West Germany) Bathurin. (Czechoslovakia) Baktukal. (Yugoslavia) Dendrobacillin, Entobacterin, Insektin. (USSR)
<u>Bacillus thuringiensis</u> ( <u>B. thuringiensis</u> $\beta$ - exotoxin)	Biotoksybacillin, Eksotoksin, Toxobakterin. (USSR)
<u>Bacillus moritai</u> (사상균)	Lavillus M (Japan)
<u>Aschersonia aleyrodis</u>	Aseronija (USSR)
<u>Beauveria bassiana</u>	Boverin (USSR) Biotrol FBB (U. S. A.)
<u>Metarhizium anisopliae</u>	Biotrol FMA (U. S. A.)

제적으로 불리하여 이를 해결하기 위해서 연구가 집중되고 있으나 실용화 하기에는 아직도 상당한 문제점이 있는 것으로 생각된다.

해충병을 유발하는 바이러스

는 그 종류가 매우 다양하지만 주로 바이러스제제에 이용되어지는 것은 핵다각체병바이러스, 과립병바이러스, 세포질다각체병바이러스로서 이들은 모두 바이러스 입자가 단백질 봉입체내

〈표 2〉 살충제

병원체의 숙주	제 품 명 (생산국)
해다각체병바이러스 (NPV) <u>Heliiothis zea</u>	Biotrol VHZ, Elcar, Vitrex. (U. S. A.)
<u>Mamestra brassicae</u>	Virin - ensh (USSR)
<u>Neodiprion sertifer</u>	Polyvirocide (U. S. A.)
<u>Porthetria dispar</u>	Virin - es (USSR)
<u>Prodenia ornithogalli</u>	Biotrol VPO, Viron/P. (U. S. A.)
<u>Spodoptera exigua</u>	Biotrol VSE, Viron/S (U. S. A.)
<u>Trichoplusia ni</u>	Biotrol VTN Viron/T (U. S. A.)
<u>Orgyia pseudotsugata</u>	TM Bio Control - 1 (U. S. A.)
과립병바이러스 (GV) <u>Pieris rapae</u>	Virin GKB (USSR)
세 포질다각체병바이러스 (CPV) <u>Dendrolimus spectabilis</u>	Matzgemim (Japan)

매몰되어 있어 봉입체는 바이러스의 병원성을 보존하는 역할을 하기 때문에 유리한 점이 있다. 바이러스제제의 생산국은 세균제제와 같이 소련 및 미국이 그 대부분을 차지하고 일본이 솔나방 방제를 위해 세포질다각체병 바이러스제제를 유일하게 생산하고 있다.

## 2. 미생물 살충제의 방제전략

불활화 비교적 빠르지만 살충효과 지효성이 단점

농약으로서 미생물 살충제는 유기합성 살충제와는 달리 그 소

재가 생물인 관계로 인해 여러 가지 문제점이 없지 않다. 산포 후 자연환경내에서 불활화가 비교적 빠르다는 점, 일부 사상균을 제외하고 반드시 섭식하여야만 감염이 일어나고 살충효과를 얻을 수 있다는 점, 병의 잠복기간때문에 살충효과가 지효성이라는 점등이 미생물살충제로서의 불리한 점이라 할 수 있다.

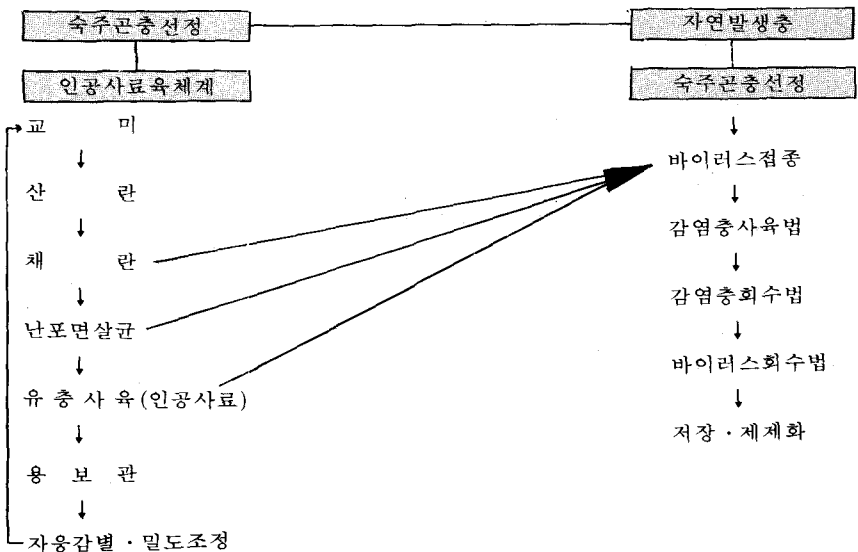
그러나 미생물 살충제는 무공해하고, 선택성이 높으며, 저항성 해충의 발생등이 없다는 점 등 유리한 조건을 갖추고 있어 인간이나 가축이 직접먹는 채소

류, 과일, 사료작물 등에 널리 이용되고 있고 앞으로도 그 수요는 더욱 증가될 것으로 추정된다.

이들 미생물 살충제의 방제전략은 2 가지로 생각 할 수 있는데 합성농약과 같이 대량으로 반복 산포함으로써 단기간 해충의 피해를 방제하는 단기적 방제와 일정한 환경내에서 조기에 미생물제제를 산포하여 병의 유행을 유도하여 자연적으로 해충의 밀도를 경제수준이하로 유지하는 장기적인 방제전략을 들 수 있다.

현재 진행되고 있는 미생물적

(그림 1) 생체증식에 의한 바이러스 양산체계



방제에 관한 연구목표는 일단 전자의 단기방제에 역점을 두고 있으나 미생물의 종류에 따라 서로 다른 전략을 가지고 있다. 예를들면 대상해충의 숙주역이 상당히 넓은 B.t 제제는 세균증식외의 강력한 살충효과를 나타내는 독소작용의 2중효과가 있기 때문에 화학살충제와 대등한 단기방제효과가 있다고 볼 수 있어 다년생작물보다는 원예작물 등에 주로 이용되고, 바이러스제제는 비교적 잠복기간이 길기 때문에 후자의 방제전략에 해당하는 것으로서 자연환경내에서 곤충간에 감염을 유도하여 바이러스 밀도가 일정한 수준에 이르게 되면 자연적인 병의 발생으로 해충밀도가 유지되게 되어 방제효과를 얻을 수 있으므로 주로 집중적인 화학농약의 살포가 불가능한 산림해충방제에 이용되고 있다. 그러나 앞으로 집단적인 채소, 과수, 목초재배지 등에서도 유효할 것으로 보고 있다.

### 3. 실용화에의 문제점

미생물 살충제는 B.t를 중심으로 바이러스등 많은 종류의 제품이 시판되고 있으나, 우리나라에서는 최근까지 구체적인 검

토가 없는 것으로 알고 있다.

일부 소식에 의하면 몇년전부터 산림청이 도시주변 녹화를 위해 모회사에 B.t 제제 수입을 허가한 것으로 듣고 있으며 그외 바이러스제제나 기타 미생물제제에 관한 수입은 전혀 없었던 것으로 알고 있다.

### B.t제 수입허가 하는덴 안전성 검정등 검토필요

B.t 제제의 수입은 일정한 효력검정을 거쳐서 수입품목고시에 의해 허가된 것으로 추측되나, 미생물 살충제는 유기합성농약과는 달리 내용물이 화학물질이 아닌 생물이라는 점과 다른 생물에 대한 병원성등이 문제가 되기 때문에 수입허가하는 데는 안전성 검정을 포함한 신중한 검토가 필요한 것이다. 물론 이런 문제들은 이미 생산국이나 기타 수입국에서 이미 충분히 검토되어서 문제가 없다고 생각하면 재론할 필요조차 없는 것이나, 문제가 되고 있는 B.t 제제의 누에에 대한 피해, 기타 관련 익충에 대한 피해 조사및 효력검정등 구체적인 연구 검토가 수입허가에 선행 되었어야 할 것으로 생각한다.

B.t 세균은 이시와따(石渡)가

1901년 누에졸도병의 병원균으로서 최초 분리한후, 현재 혈청학적 분류로 14형(효소반응에 의한 20아종)으로 분류하고 있다.

B.t 세균의 살충기작은 주로 내독소 단백질의 작용으로 이루어지나 이외에도 세균의 변종에 따라서  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  외독소를 생성하여 독성을 높이는 것도 있다. 곤충에 대한 살충력은 B.t의 종류, 숙주곤충의 종류에 따라서 상당한 차이가 있으며 누에에 있어서도 품종에 따라 감수성에 차이가 있어 품종간에는 동일 균주에 대해 3.5배, B.t 변종에 따라서는 100배 이상의 독성이 차이가 있는 것으로 보고되고 있다. 누에가 B.t를 섭취했을 경우는 섭취량에 따라 다소 다르지만 대개 섭취후 1~2시간 내에 섭식을 중지하고 1~2일 이내 죽게되는 무서운 졸도병을 유발하게 된다. 그러나 아포만을 누에가 섭취하였을 때는 발아·증식이 일어나지 않고 반드시 아포가 발아 증식하기 위해서는 결정독소를 동시에 섭취하여야만 일어나게 되는데 이것은 누에 소화관내의 PH 조건에 의한 것으로 알려져 있다. 또한 B.t의 상업상에서의 증식에 있어서도 상업에 산포된 B.t는 급

속히 감소하고 증식은 일어나지 않으며 25°C에서 48시간 보존하여도 증식이 없는 것으로 보고되고 있다. B.t의 불활화에 대해서는 자외선에 10분 이내에 대부분 사멸하고 일광하에서는 1시간 이내에 80%사멸하는 것으로 알려져있으며 포르마린에 대해서는 3시간 이내에 아포나 독소는 활성을 잃어버린다.

이상 B.t의 누에에 대한 영향에 대하여 검토하여 보았으나 결국 B.t산포에 의해서 토양중, 식물체상에 부착하였을 경우등의 누에사육환경내 및 주변에서 2차적으로 증식하여 그 밀도가 증대할 가능성은 배제하여도 좋을 것으로 생각한다. 따라서 B.t는 누에에 대하여 대단히 강한 독성을 나타내는 일반 유기합성 농약에 준한 대책만 강구하면 양잠에 대한 피해는 극소화할 수 있을 것이다. 그러나 어디까지나 B.t는 누에에 대한 무서운 병원균이라는 사실을 한번 더 강조하며 상전, 사육시설등에 B.t제제가 비산되어 온다든지, B.t에 오염된 기물등에 의하여 직접, 간접으로 B.t가 접촉되는 일이 없도록 각별한 주의가 필요하다. 우리나라와 같은 양잠국이라는 관점에서 일본에 있어

서의 B.t 제제 수입허가의 경위를 알아보면, 몇년동안 전문위를 구성하여 검토연구한 결과에 따라서 81년도에 살아포제제가 허가되었고, 82년도에 12개 농약회사에서 신청을 하여 7종의 생균제제의 등록이 허가되었다. 다만 시판하기 전에 양잠에 대한 피해의 우려때문에 원예잡원국의 식물방역과장과 잠업과장명으로 주의사항을 통보하는 형식으로 수입시판하기로 되었다. 그 통보내용을 요약하면 B.t의 안전사용지도에 있어서 도부현(都府縣) 식물방역주무과와 잠사주무과가 긴밀한 협의를 하여 시행하여야 하고 여기에 판매업자도 지도에 참여해 줄 것을 요구하고 있으며, 동시에 제제의 사용상 주의를 반드시 숙지하고 준수해 줄 것등을 요구하고 있다.

### 바이러스제제 지효성과 량産문제때문에 무관심

바이러스 살충제는 선진국에서 많은 제제가 시판되고 있으나 아직 우리나라에서는 바이러스 살충제에 관해서는 그렇게 관심을 가지고 있지 않는 것으로 알고 있는데, 이것은 효과에 있어서 B.t 보다는 지효성이라는 점과 양산문제에 있어서의 복잡

성 때문에 값이 비싼 점등의 이유에서 온 것 같다. 그러나 방제전략 및 방제 대상을 생각하면 나름대로 유리한 점이 없지 않다. 다만 바이러스제제의 안전성에 관하여는 충분한 검토가 필요하다. 물론 선진국에서 등록 허가할 단계에서 안전성 검토가 치밀하게 조사되었지만 바이러스의 변성 및 돌연변이등의 문제를 생각하면 쉽게 간과할 수 없는 것이다. 아울러 미국에서는 대단히 엄격한 안전성 검토 기준을 마련하였고, 일본에서도 미국에 준한 안전성 검토 지침을 작성하여 두고 있다.

결론적으로 미생물약제의 수입허가 문제에 있어서는 때는 늦었으나 수입허가 품목에 대해서는 엄격한 효력검정은 물론 기타 산업에 대한 피해를 막기 위한 대책 마련을 위하여 연구 검토가 반드시 필요하다. 또한 안전성 검토에 대한 의의를 정확히 인식하고 여기에 대한 연구 검토도 있어야 할 것이며 그 지침도 당연히 마련하여야 할 것이다. 이러한 기본적인 검토가 없이 적당히 도입한다는 것은 필연적으로 문제를 야기시킬 가능성이 없지 않다. 또한 국내에서 자체생산할 경우에도 미생물학



적 및 농약학적인 기본적인 연구검토 및 경제성등 종합적인 조사가 이루어지고 또한 안전성 검토에 관한 지침도 마련함과 동시에 적극적인 생산연구시도가 이루어져야 한다고 믿는다. 기술축적이나 생산체계확립은 단시일내에 이루어지기는 쉬운 일이 아니지만, 시간이 걸려서도 수입보다는 자체생산이 이루어졌으면 하는 마음 간절하다. 국내생산 경우에 빼놓을 수 없는 것은 특허문제인데 이문제는 기업가 입장에서 본다면 대단히 중요한 문제이므로 신중한 연구검토가 필요하다.

### 끊임없는 연구개발 기대

끝으로 미생물 살충제는 일반적으로 유기합성농약에 대등한 살충효과는 기대할 수 없으나, 현재까지 무해하다는 점에서 큰 의미가 있고, 또한 해충의 종합적 방제에 있어서 그일익을 담당할 수 있을 것이라고 확신한다. 그러나 현재의 미생물 살충제에 관한 농약으로서의 여러가지 문제점에 관한 것은 솔직이 인정하고 앞으로의 끊임없는 연구, 개발에 큰 기대를 걸어본다.

