

미생물 살충제의

개발현황과

전망

(끝)

□ 기대되는 기술개발과 안전성 문제

서울대학교 농과대학 부교수 강 석 권

세계제 2 차대전 이후에 DDT, BHC 를 비롯한 유기합성농약이 개발되면서 부터 해충방제는 대단한 혁명적인 동기가 되었다. 반면에 생물적 방제법에 의한 방제는 거의 관심밖으로 밀려나 별로 진전이 없게 되어 버렸다. 그러나 지속적이고 확실적인 화학적방제에만 의존한 결과로 여러가지 문제점이 대두됨에 따라 다시 생물적 방제법에 대한 인식이 높아지고 있다.

미생물제제는 현재 B.t제제를 중심으로 수십종이 개발되어 시판되고는 있지만, 아직 여러가지 개발보완되어야 할 문제점이 많다고 할 수 있다. 미생물살충제로서의 갖추어야 할 중요한 요건들을 개괄적으로 요약하면 다음과 같다.

- 사람을 중심으로 다른 동물이나 작물에 대하여 독해성이 없을것.
- 해충의 종에 대하여 특이성이 높을것.
- 제제는 장기간 활성이 유지될 것.
- 저항성 해충의 출현이 없어야 할것.
- 취급관리가 용이할것.
- 경제성이 높을 것.
- 안전성이 보장되어야 할것.

이상의 여러가지 요건에 대하여 충분히 만족할만한 미생물제제는 단적으로 없다고 할 수 있다. 그러나 미생물학적 방제의 전략이 일단 도

입된 미생물제제가 생태계에 정착하여 해충의 개체밀도수준을 장기간에 걸쳐서 억제하는데 있고, 동시에 화학적 방제법 및 다른 생물적 방제법과 조화를 바탕으로한 보완 또는 혼합살포등에 적극적으로 도입되는 소위 총합적방제법의 수단으로 생각하면 중요한 의미가 있다고 믿어진다. 따라서 위에서 언급된 여러가지 요건중에서 가장 중요한 것은 생산기업주는 수지가 맞아야하고, 실제 수요자는 값이 싸고 효력이 있어야만 상품으로서 존재할 수 있다. 어떤 조사에 의하면 미국에서 새로운 살충제를 개발하는데는 약 600만불(약 50억원)의 개발비가 소요되고, 미생물살충제는 약 650만불의 개발비가 소요된다고 한다.

**우수한 균주 육성하여도  
법적 보호 받을 수 없어**

이렇게 본다면 기업가의 입장에서 는 크게 투자목적의 없을 수 밖에 없다는 것이다. 또한 미생물살충제는 선택성이 높기 때문에 시장이 좁고, 환경잔류성이 있어 장기적 방제 효과가 있기 때문에 방제회수가 줄어서 수지에 직접적인 영향을 미친다는 것이다. 미생물살충제는 제제의 내용인 미생물자체가 특허의 대상이 될 수 없다는 것이 일반적인

개념이기 때문에 우수한 균주를 선발 육성하여도 법적인 보호를 받을 수 없다. 따라서 많은 개발비를 투자하여 제표화하더라도 단기간에 타 회사와 경합될 소지가 있는 것이다.

이상과 같이 생산자의 측면에서 현재까지 불리한 점이 없지 않다고 볼 수 있으나, 미생물살충제의 제제화과정인 양산체계, 효력판정, 제제화, 안전성시험, 품질관리, 시장조사, 포장, 등록 및 판매등에 드는 비용을 체계화 및 경영합리화등의 연구를 통하여 가격을 충분히 안정시킬 수 있다고 기대한다.

특히 이과정에서 개발비가 많이 투입되는 효력검정(전체의 약 30%), 안전성시험(13%), 야외시험(13%) 등에서 전체의 약 60%정도가 소요되므로, 집중적으로 개선하고 간단화를 꾀하면 생산비절감을 할 수 있다고 믿어진다.

**B.t제제...量産 체계화로  
효력·경제적인 가치있어**

이와같은 경제적인 문제는 일반적인 미생물제제에 관한 사항이고, B.t제제는 많은 종류의 나비목해충에 속효성을 가진 독성을 나타내고, 또한 양산이 체계화되어 있어 효력이나 경제적으로 유기합성농약에 필적할 만한 가치가 있다고 판단된다.

## ◇ 미생물 영양의 개발현황과 전망 ◇

미생물 살충제의 활성유지문제도 대단히 중요하다. B.t같은 제제는 속효성이기 때문에 제외하고 보면, 바이러스, 사상균제제는 특히 일광에 빠른 불활성화가 일어나기 때문에 만족한 자외선보호제의 개발이 시급하다. 이와 관련하여 증량제, 접착제 및 자외선 보호제를 개발하여야 하는데 바람직한 것은 이러한 여러 종류의 부가제를 1종으로 동시에 여러 목적을 달성할 수 있는 것을 개발할 수 있다면 큰 성과라 할 수 있겠다.

미생물살충제 중에서 B.t균이나 흰곰팡이균(*Beauveria bassiana*) 등의 제제는 양잠업에 치명적인 피해를 조래하는 대표적인 균이다. B.t균은 누에에 대하여 병원성이 대단히 강하기 때문에 “졸도병”이라는 이름으로 부르고 있다. B.t균의  $\delta$ -내독소가 유충의 소화관에 들어가면, 10분후에 증장의 세포조직이 파괴되고 생리기능이 변화하여 곧 먹는 것을 중지한다. 그후 30분후에는 조직이 완전히 파괴되기 때문에 증장내용물이 체액으로 이동하게되어 체액 pH가 알칼리성으로 변하면서 전신마비증상을 일으키며 죽는다. 결론적으로 해충방제에 대해서는 큰효력이 있으나 잠사업에 미치는 영향에서는 치명적이라 할 수 있겠다. 아울러 흰곰팡이균도 누에에 교차감염

이 일어나기 때문에 충분한 검토가 필요하다. 다행히 바이러스제제중에는 아직 누에에 교차감염을 하는 바이러스가 없기 때문에 이러한 관점에서는 바이러스제제가 우리나라 같은 양잠국에서는 유리하다고 생각된다.

## 2. 안전성의 문제점은 무엇인가

### 1) 안전성의 검정

미생물제제는 안전성이 보장되어야 한다는 것은 당연한 조건이다. 즉, 사람을 비롯한 목적해충이외의 다른 동물이나 작물에 대하여 독해가 없다는 것이 보장되어야 한다는 것이다. 곤충병원체는 오랜 세월간 자연계에 계속 존재하여 왔다. 그러나 아직까지 사람이나 가축등에 대해서는 독성이 없다고 믿고 있다.

### 안전성 시험항목을 설정 시험 결과대로 검정해야

그러나 이들 미생물제제가 인위적으로 자연계에 대량살포될 경우에는 안전성문제를 신중히 검토하지 않으면 안된다. 다시 말하면 각각의 제제에 대하여 막연한 추상적인 상황 판단에서 검토하는 것이 아니라, 구체적인 안전성시험 항목을 설정하

고, 그 항목에 대한 확실한 시험결과에 의하여 결정해야 한다는 것이다.

우리나라에서는 아직 여기에 대한 검토연구가 없는 것으로 알고 있으나, 미국의 경우를 간단히 살펴보면, 1947년 농약관리규정법이 설치된 이래, 현재에는 환경보호청(EPA)이 관할하고 있다. 최초의 B.t제제신청시에 비교적 간단한 시험으로서 신청하여 1960년도 처음으로 농약등록이 되었다. 그러나 바이러스제제는 신청부터 등록되기까지 약 7년이 걸려서 1973년 최초로 바이러스제제가 허가되었다. 이상과 같이 대단히 엄격한 등록허가에 관한 배경에 대해서는 다음 항에서 언급하기로 하고 미국에 있어서의 안전성시험항목(1973)은 다음과 같다.

※ 미생물제제의 안전성시험을 위한 지침 ※

A. 모든 경우에 필수적인 시험

(1회 투여)

- 1) 경구(2종의 척추동물)
- 2) 초대조적배양(사람과 다른척추동물)
- 3) 피부(토끼)
- 4) 흡입폭로(쥐)
- 5) 눈자극(토끼)
- 6) 1차피부자극(토끼)

[다회단기투여]

- 1) 90일간 섭취(쥐 그의 1종)

B. 단기시험의 결과와 제제의 성질에 따라서 필요한 시험

- 1) 20일간 피부(토끼)
- 2) 14일간 흡입폭로(쥐)
- 3) 피부감작—Landsteiner 알레르기시험(몰모트)
- 4) 호흡감작—알레르기시험(몰모트)
- 5) 생식·최기형성시험(쥐)

C. 장기투여시험(B와 같은 조건의 시험)

- 1) 발암성시험(사상균에 관해서는 필수)

D. 관련시험(필수)

- 1) 포유동물중에 있어서 미생물의 잔류와 증식
- 2) 항체시험
- 3) 돌연변이
- 4) 제제의 균일성을 위한 화학적, 생물적 제어

E. 유용곤충, 야생동물, 식물에 대한 독성(필수)

- 1) 꿀벌에 대한 급성독성
- 2) 어류에 대한 급성독성
- 3) 조류에 대한 8일간 급성독성
- 4) 조류에 대한 아급성 및(또는) 만성독성(생식을 포함)
- 5) 식물에 대한 독성

위의 안전성시험항목에서 B.t제제는  $\beta$ -외독소를 함유해서는 안된다는

전제조건을 제외하고는 주로 Baculovirus에 적용된 시험항목이지만 다른 미생물제제도 일반적으로 여기에 준하고 있다.

## 2) 안전성의 문제점

앞의 항에서 안전성시험에 관한 항목을 충분히 검토하였으나, EPA는 이지침이 완전한 최종적인 것이라고는 생각하고 있지 않는다. 그후 1974년과 1977년 2회에 걸쳐서 「십포지움」을 개최하고 많은 보완조건을 제시하고 있다. 그 대표적인 내용을 몇가지 들어보면, 우선 바이러스의 역학적 및 분자생물학적면에서는 방제목표이외의 생물에 대해서 해작용이 없다는 결론을 얻고 다음과 같은 권고사항을 제시하였다.

· 바이러스동정에는 제한효소에 의한 분석법을 도입할 것.

· DNA Hybridization 및 Radioimmunoassay법을 도입하여 방제목표의 생물에 대하여 잔류여부를 확인할 것.

· 특히 중요하다고 생각되는 시험은 EPA가 재확인시험을 행할 것.

이상과 같이 미국의 경우를 살펴 보았으나, 일본의 경우도 근본적으로 비슷한 등록기준을 채택하고 있다.

곤충바이러스의 중요한 안전성 문

제는 칩추동물세포에 대하여 증식이 없다는 것이 확실히 보장되어야 한다. 그러나 지금까지 보고를 보면 몇가지 곤충바이러스가 칩추동물세포(세포배양계시험)에 대하여 증식한다는 것이 있는데 아직 이것에 대한 평가는 곤란하다. 아직 재현성이 확인되지 않고 있을뿐만 아니라, 동시에 시험체계상의 문제가 제기되고 있기 때문이다. 단적으로 말하면 곤충바이러스의 숙주특이성에 대한 원인을 해명하지 못하고 있기 때문에 안전성에 관한 문제도 적지 않은 숙제로 남아 있다.

그러나 안전성에 대한 판정은 언제든지 상대적인 것이다. 정부가 행정적으로 농약의 등록을 허락하는 것도 위험성이 전혀 없다고 해서 허락하는 것이 아니고 그것은 허용범위내를 기준하고 있다. 따라서 안전성의 판정은 절대적이 아니고 상대적인 것이다. 또한 이런 상대적인 의미도 기술진보와 사회정세에 따라서 상대적으로 변화할 수 밖에 없는 것이다. 선진국에 금지된 DDT가 후진국에서는 아직 계속 사용하고 있는 것도 그러한 이유때문이다. 바이러스제제는 현재까지 칩추동물에 대하여 어떠한 해독성도 없다. 그러나 현재 등록된 화학살충제는 적든 많은 간에 다소의 독성이 있는 것은 부인할 수 없다. 바이러스제제도 약간의

불확실성이 없는 것은 아니지만, 화학살충제와 같이 독성이 있는 것은 아니다. 다만 그중 가장 주의 깊게 고려해야 할점은 생태계에 계속 살포하였을 경우에 돌연변이주가 출현할 수 있는 우려성이 있기 때문에 계속 검토할 필요가 있다.

스의 병원력문제, 바이러스의 변성문제, 곤충세포주 확보문제등 적지 않은 문제점들이 노출되고 있다. 그러나 앞으로 계속 연구개발하면 멀지 않는 장래에 세균제제처럼 탱크내에서 대량 양산할 수 있는 체계가 수립되리라 확신한다.

### 3. 기대되는 기술개발

#### 1) 양산문제 (量產問題)

앞에서도 기술하였지만 미생물살충제를 제제화하는데는 여러가지 과정과 공정이 있지만, 그중 가장 중요한 문제가 양산체계 문제이다. B.t 제를 중심으로 한 세균제제나 사상균제제는 배양기중에서 대량배양하고 있기 때문에, 앞으로 체계화를 중심으로 개선해 나가면 크게 발전할 수 있다고 믿고 있다. 그러나 바이러스제제는 현재 주로 이용하고 있는 생체증식체계로는 제제화과정이 복잡하고 자동화하기가 곤란하여 크게 개선하지 않으면 안된다고 여겨진다. 그러나 최근 세포배양계를 도입하여 바이러스 증식시률이 계속되고 있다. 일부에서는 시험과정이 끝나고 양산할 수 있는 체계에 들어갔다고 보고는 하고 있으나, 아직 문제점이 많이 있는 것도 사실이다.

양산체계 자체도 문제가 있으며 또한 세포배양계에서 증식한 바이러스

#### 2) 유전공학적 기술도입의 문제

B.t제제는 앞에서 언급하였으나 탱크내 액내배양법에 의하여 양산하고 있다. 이 체계는 독소생성의 수율상 문제가 없지 않다. 즉, 배양후 일정 시간이 경과한 후에 독소를 생성하며 생성량도 적기 때문이다.

#### 유전 공학적 기법으로 독소 생산연구 추진중

이문제를 해결하기 위하여 최근 대장균에 유전자를 이식하여 독소생성을 하는 소위 유전공학적 기법으로 독소를 생산하는 연구가 미국을 비롯하여 세계 각국에서 추진중에 있다. 이미 분자생물학적으로 독소 단백질 생성기구에 관한 연구는 거의 확인되고 있다. 최근(1982) 보고를 접하면 완전한 유전공학기법으로 독소단백질이 생성되었으나 생산체

제에는 아직 만족하지 못하고 있다. 앞으로 대장균(*E.Coli* HB101)에 대한 양산체제는 유전자형질발현항상 등의 문제만 해결된다면, 현재까지의 생산체제인 B.t균 배양에 의한 독소 생성체제를 다시 크게 발전시킬 수 있는 시기가 오리라 기대하고 있다.

### 3) 우리나라의 연구 현황

미생물농약의 개발은 완전히 현실화되고 있다. 1960년 B.t균이 농약으로 출현하였고, 1973년에는 바이러스농약이 나와서 시판되고 있다. 어떠한 분야도 마찬가지라 생각되지만 특히 미생물농약개발은 대단히 복잡다양한 분야를 망라하여 연구개발하여야 하는 분야이다. 우리나라에서 여기저기 파상적으로 연구를

하고 있다고 듣고 있으나, 아직 어떻게 할 좋은 소식은 없는 것으로 알고 있다. 그러한 배경은 아직 정부차원에서 설치한 1개의 연구실조차 없기 때문이라 생각할 수 있다.

또한 시판되고 있는 미생물살충제를 도입할 경우에도 많은 문제점이 없지 않다. 우선 가장 중요한 것은 양잠업과의 관계이다. 앞에서 잠깐 이야기되었으나 치명적인 병원이 누에에 온다는 것이다. 일본에서는 B.t균을 수입하는데 수년동안 연구검토한후 수입을 허가하고 있다. 어떻게 어느때에 뿌려야 할 것인지? 그냥 우물가에서 숭늉만 찾을 것인지? 어쨌든 간에 이미 개발된 모든 연구기술개발은 빨리 도입하고 연구하여 우리나라에서도 미생물살충제의 상품이 나왔으면 하는 희망을 가져본다. <끝>

..... (꼭) (읽) (고) (념) (어) (잡) (시) (다) .....

농약은 약제의 종류나 병해충의 종류에 따라서 약효의 차이가 매우 크므로 병해충의 종류에 따라 알맞는 농약을 선택하고 적기에 살포하는 것이 매우 중요하다.

농약을 물에 희석할 때에는 희석방법이 잘못되거나 희석배수가 적당하지 않으면 약효가 떨어질 뿐만 아니라 경우에 따라서는 농작물에 약해를 일으킬 수 있다. 또 어떤 농약은 사람이나 가축 및 물고기 등에 유해한 것도 있으므로 농약을 살포하고자 할 때에는 사용 전에 반드시 농약 포장지에 표시된 사용설명서와 주의사항을 꼭 읽고 이에 따라야 한다.