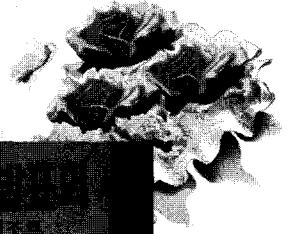
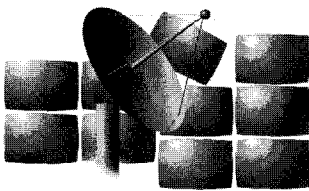


지·상·중·계

한국농약과학회 심포지엄



**생물농약 개발 통해 국가산업 경쟁력 극대화 시켜야
생물의 저항성 발현 줄이기 위해 IPM개발 적용해야
우리나라 개발·등록규정 마련, 지속보완으로 기대 커
미생물의 일괄적 스크리닝 가능한 시스템 구축 절실**



지난 4월 12일부터 13일까지 이틀동안 전남 화순 금호리조트에서는 3백여명의 회원이 참석한 가운데 한국농약과학회 2001년도 정기총회 및 춘계학술발표회가 열렸다. 이날 열린 정기총회에서는 농업과학기술원 농업해충과 유재기 과장을 신임 회장으로 선출하고 부회장 등 학회를 이끌어 갈 임원진도 선출했다.

정기총회에 이어 열린 창립 5주년 기념 심포지엄에서는 박호용 박사(생물공학연구원)가 "생물농약 개발의 현황 및 전망"에 대해, 오까다 박사(일본식물보호협회)는 "일본의 생물농약 개발 현황 및 전망"에 대해, 이상범 박사(농업과학기술원 식물병리과)는 "미생물 농약의 등록 규정 및 절차"에 대해, 김달수 박사(LG CI생명과학연구소)는 "미생물 살균제 개발의 기술적 요인"에 대해 각각 발표했다. 본란에서는 이날 심포지엄을 통해 발표된 테마별 주요 내용을 간략히 요약, 소개한다(편집자註).

PART I

생물농약 개발의 현황 및 전망



박호용 / 한국생명공학연구원 유전자원센터장

세계 농약시장의 5% 수준, 성장 가능성은 높아
전문가 부족 · 기술경쟁력 열세 등 극복과제 남아

토 양 및 수질오염, 인축에 대한 독성 및 환경호르몬 피해, 저항성 병해충 출현, 유용천적 감소 등의 부작용들이 지구환경 생태계와 인류건강을 매우 심각한 수준으로 위협하게 되었다. 이러한 문제점을 최소화 하기 위해 선진국을 중심으로 세계 각국은 환경친화적 생물농약 사용의 필요성을 중요하게 인식하고 관련기술 및 제품 개발에 많은 노력을 기울이고 있다.

또한 세계적으로 환경적 측면의 중요성이 현실적으로 인식되면서 농업생산물을 포함한 모든 최종산물에 대해 생산부터, 유통, 최종 소비에 이르기까지 전과정의 환경오염 상태를 규제하는 환경규제정책(일명 그린라운드)을 도출하였다. 우리 나라도 농림부에 '친환경농업과'를 두고 중앙 및 지방자치단체에서 환경친화적 농업농가에 직접 지원을 실시하는가 하면 '생물농약 기준지침'을 제정하는 등 관련사업의 구체적 수행에 착수하고 있다.

최근 세계적인 화학 및 농약제품 회사들이 생명공학 분야사업 집중 및 생물농약 시장 진출전략을 강화 중이다. 특히 상대적으로 좁은 국토와 빈약한 부존자원을 지닌 우리나라의

경우, 세계적 개방화 흐름에 능동적으로 대응할 수 있는 생물농약 개발을 통해 국가산업 경쟁력을 극대화시킬 필요성이 시급히 요청되고 있다.

현재 전세계 농약시장에서 생물농약이 차지하는 비중은 약 5%로서 아직 미약하다. 그러나 전체 농약시장 규모의 성장이 정체적인데 반해 생물농약은 연평균 약 20%이상의 성장을 하고 있어 수년내로 상당한 규모의 시장형성이 예측된다. 그러나 국내의 경우는 도입 초기단계이다.

국내 생물농약 개발은 곤충 병원미생물을 이용한 해충방제가 일부 연구자들을 중심으로 제한적으로 수행되어 왔고, 최근 일부 식물병을 효과적으로 방제할 가능성이 보이는 시제품들이 제시되고 있을 뿐, 전반적으로 관련 전문가의 부족, 해당기술의 경쟁력 열세 등으로 인해 아직은 극복해야 할 몇가지 과제들이 존재하고 있는 현실이다. 하지만 일반적으로 개발제품의 시장진입에서 두가지 분야, 즉 가격경쟁력과 시장차별화 전략에 따른 경쟁 우위력을 확보하기 위한 우수한 산업균주 발굴, 발효최적화, 경제적 생산공정, 제제화



및 산포기술 개발 확립이 이루어진다면, 국가 정책적 차원에서의 중요성 인식과 행정, 법률 및 재정지원, 그리고 최근 관련 연구소, 대학, 기존 대기업 및 벤처기업의 체계적이고 적극적인 참여 분위기와 노력이 상승효과로 나타나 희망적인 결과를 기대할 수 있을 것이다.

국내 생물농약 개발이 선택과 집중의 차별

화 전략으로 성공적으로 이루어지면 생산성을 고려하면서도 화학농약의 문제점을 보완 또는 극복할 수 있는 환경친화적 병해충 방제 기술 확보, 수입대체 및 수출의 경제적 효과, 국민건강 보호 및 환경생태계 보전, 세계적 환경규제 장벽에 효과적으로 대응할 수 있는 하나의 수단을 제시할 수 있으리라 판단된다.

PART II

일본의 생화학농약 현황과 개발 전망



무네오 오카다 / 일본식물방역협회

생화학농약 27종이 미생물을, 17종은 곤충·절지동물 이용 생물의 저항성 발현 줄이기 위해 IPM 개발 요구

2000 년말 현재 일본의 등록농약은 5천 3백27건이며 유효성분은 5백36건이다. 농약은 등록되기 전에 엄격한 독성 및 안전성 시험이 요구되고 있다. 이러한 연구로부터 최대무작용량과 1일섭취허용량(ADI) 같은 안전성 한계를 측정한다. 만약 농약이 1개 작물 이상에서 사용된다면 농약에 대한 사람의 전체흡수량이 ADI를 초과하지 않도록 하는 것이 중요하다.

독성시험 이외에도 농약이 작물에 살포되었을 때 음용수와 환경에의 위험과 관련하여 농약의 다양한 영향이 평가된다.

더불어 농약의 약효·약해 및 사용방법을 정확하게 정해야 한다. 현재 일본에 등록된 농약은 0.05%의 특별지정 독성농약과 독성

물질 3%, 고독성물질 23%, 저독성물질 74%이다.

비록 무기 농약의 약효와 안전성이 향상되었지만 천적에 대한 해로운 영향과 주요 생물에의 저항성 발현 때문에 여전히 제한적이다. 특히 후자가 해충 및 병원균의 돌연변이가 무기농약의 높은 선택성 때문에 빠르게 일어날 수 있기 때문에 어려운 문제이다.

이러한 문제에 대응해 종합병해충관리(IPM)의 개발이 요구된다. IPM은 작물보호의 물리·경종적 방법에 화학적, 생물학적 방법을 조합한 것으로 △병해충 관리는 다양한 작물보호 방법을 조합 △경제적 방제수준(ETL)에서 △작물개발과 병해충 방제의 전체적인 관리 등의 개념을 기초로 하고 있다.

IPM의 기본적인 이론은 저항성 발현을 피하기 위해 해충방제 수준을 낮게 하고 주요 방제방법을 다른 여러방법과 조합 또는 순환함으로써 잠재적인 병해충의 발현을 억제, 방제하는 방법이다. IPM의 작물보호방법은 유기농약과 생물학적 방제, 물리적·경종적 방법실행 등으로 나눌수 있다. 그러므로 생물학적 방제기술로서 생화학 농약을 고려할 때 살포시간, 대상작물, 환경, 대상 병해충이 고려

되어야 한다.

현재 일본에는 44종의 생화학농약이 등록되어 있다. 이중 27개는 미생물을 이용한 것이며 나머지 17개는 곤충과 절지동물이다. 최초 생화학농약은 1941년에 등록된 *Ceroplastes rubens*의 천적인 *Anicetus beneficus*이다. 현재 BT를 포함 약효·약해시험, 안전성시험 환경위험평가가 끝난 40종의 생화학농약이 등록중이다.



PART III

미생물 농약의 등록규정 및 절차

제한된 장소·소규모시험만 방제·수량증대 효과 개발·등록규정 이미 마련, 필요성 따라 보완단계

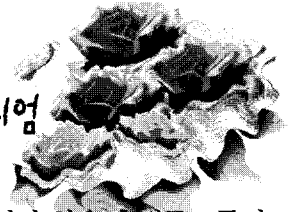
이상범 / 농업과학기술원 식물병리과

미생물농약의 종류 및 사용량이 급속히 증가할 것으로 예상되는 가운데 앞으로 수년내에 생물농약과 유전자 변형작물의 증가는 급격히 가속화 되어 별도의 시장으로 확대될 것으로 추정되고 있다. 현재 전 세계적으로 2백여종의 생물농약이 연구되고 있는 것으로 알려져 있으며 이미 60여종의 미생물농약이 등록되어 사용되고 있다. 한편 선진국에서는 생물농약의 보급확대를 위하여 미생물농약의 저독성 인정, 등록기간 단축 및 비용감면, 등록우선권 부여 등 국가차원의 지원정책을 수립하여 시행하고 있다.

미국은 생물농약의 개발 및 관리면에서 단

연 선진화가 이루어져 있다. 따라서 미국의 생물농약 관리체계는 OECD국가 및 타국가의 모델이 되고 있으며 각국에서는 자국에 맞게 적용하고 있다. 일본은 미국의 생물농약 관리체계를 근간으로 하여 1997년에 「미생물농약 가이드라인」을 제정하여 미생물농약 화학농약과는 별도로 관리하고 있다. 일본에서 미생물농약 범주에는 바이러스, 세균, 진균, 원생동물 및 선충이 포함된다. 그러나 천적, 항생물질 및 유전자 조작 미생물은 제외하고 있다.

우리나라도 「미생물농약의 등록시험 방법 및 등록신청 서류 검토기준」이 고시됨에 따라



미생물농약 개발연구가 한층 활성화되고 가속화될 것으로 전망된다. 미생물농약은 제한된 장소 또는 소규모 시험에서는 방제효과와 수량증수 효과가 인정되나 이를 대면적에 적용하기 위한 대량생산, 제제화 및 사용기술 등 실용화 기술이 부족한 실정이다. 무엇보다도 국내 농약 기업의 영세성으로 연구개발 투자가 낮았으나 최근에는 미생물농약 개발에 많은 투자를 하고 있고 연구역사가 일천함에도 많은 연구 결과가 있는 것으로 조사되고 있다.

미생물농약 품목 등록에 필요한 자료들을 보면 △미생물의 명칭 및 분류학상의 위치(미생물의 명칭·미생물의 분류학상의 위치·유래·분리 및 동정방법) △미생물의 생물학적 성질(생육조건·독소 존재 또는 생성·환경에 대한 기보고 및 잠재적 위해성·생육조건 및 기주범위 등) △제조방법(배양과정 및 정제과정·미생물의 동일성 및 함유량 확보, 생물학적 오염물의 혼입방지, 원균주 및 원제관리 방법 등 품질관리방법) △성분조성(원제

중의 미생물 및 0.1%이상 함유 혼재물·동정 불가능한 혼재물·분석방법, 수개 롯트의 분석치, 원제, 혼재물의 성질 등) △대상 병해충(적용가능한 정확한 병·해충 및 잡초의 종) △적용작물(추천하는 작물명 또는 목록) △상업화(제형·상품명특허) △사용방법(사용횟수 및 사용량, 사용방법 표시) △제품규격(순도·저장조건·약효보증기간) △혼용가부(다른 일반농약과의 혼용여부 및 주의사항) △포유류 독성(급성경구·경피, 흡입독성, 피부와 눈자극, 흡입, 무작용약량, 기타 독성, 독성등급) △환경에 대한 영향과 비표적 생물에 대한 독성(비표적생물, 생존성 등을 명시)등이다. 이미 우리나라에서도 미생물농약을 개발하고 등록할 수 있는 규정이 고시되었고, 미생물농약 등록시험방법 및 기준에 대한 설명회도 가진바 있다. 또한 보완이 필요한 사항에 대해서는 계속적으로 보완 고시되고 있다. 앞으로 2~3년 후에는 많은 미생물농약이 등록될 것으로 믿는다.



PART IV

미생물살균제 개발의 기술적 요인

기술적요인, 균주선발·약효평가·발표·제제 등 4단계로 구분
자연환경에의 도입시 약효불안정, 화학농약 대비 가장 큰 약점

김달수 / LG C생명과학연구소

미생물살균제의 개발에 필요한 기술적 요인은 단계별로 크게 △균주선발 △약효

평가 △발표 △제제 등 네가지로 구분할 수 있다.



첫째, 균주선발은 미생물을 순수하게 분리하는 과정으로 토양 또는 식물에서 분리하거나 이를 다시 개량할 수 있다. 최근에는 PCR을 이용해서 자연계에서 분리하고 또한 분자생물학적 기법을 사용하여 균주를 개량하고 있다. 또 약효평가 뿐만 아니라 이후 대량발효, 제제, 유통과정 및 안전성을 고려해서 이루어져야 한다. 약효에 초점을 맞춘 미생물의 선발은 이후 개발과정에서 직면하는 기술적 어려움 때문에 중도에 개발을 포기하는 상황이 발생할 수도 있다. 연구자들에 의해 수많은 미생물이 선발되고 있지만, 각자마다 대부분 500~5,000개의 미생물을 한두가지 병에 대한 약효 중심으로 선발하고 있기 때문에 반복적으로 동일한 문제점에 직면하고 있다고 볼 수도 있다.

둘째, 약효평가는 배지 위에서 병원균의 성장억제를 확인한 후 실시하거나 바로 유묘를 이용하여 실시하게 된다. 약효가 인정되면 성체식물을 이용하여 재확인한 후 관련 요인을 최적화 하게 된다. 미생물이 자연환경에 도입되면 약효가 불안정한 현상이 자주 나타나는데, 이는 미생물 농약이 화학농약과 비교하여 가장 큰 약점이라고 볼 수 있다. 이를 극복하기 위해서는 동일한 작물이나 장소에서 동시 또는 연속적으로 발생할 수 있는 여러 가지 병원균을 한꺼번에 억제하는 미생물을 선발하는 것이 필요하다.

셋째, 발효는 미생물을 선정한 후 배양에 필요한 요인을 구명하고 발효기에서 대량배양을 수행하는 단계이다. 배양단계에서는 우선 미생물이 잘 자라는 배지를 선정해야 된다. 대사산물에 의해 약효가 발현되는 경우 배지

의 조성에 따라 역가(potency)가 크게 달라지기 때문에 그 생성조건을 최적화하는 것도 필수적이다. 포자를 형성하는 미생물의 경우 일정 성장단계에서 포자형성을 촉진할 수 있는 방법을 확립해야 된다.

넷째, 제제는 생산 및 유통과정을 거쳐 최종적으로 사용자가 직접 사용할 수 있는 제품으로 만드는 단계이다. 대부분의 미생물이 제제 및 저장단계에서 죽거나 활성을 잃게 된다. 따라서 제제단계에서는 화학농약과 같이 사용자를 위한 일반적인 제제성을 확보할 뿐만 아니라 추가적으로 미생물의 안정성을 확보하기 위한 기술을 도입하여야 한다. 예를 들면 저장기간 중 미생물의 안정성을 확립할 수 있는 부제의 첨가가 필요하다. 포자를 형성하는 미생물의 경우 필요하다면 발아를 효율적으로 촉진할 수 있는 첨가물이나, 경엽처리의 경우 특히 자외선에 대한 안정성을 증가시키는 방법이 필요하다.

결론적으로 단계별 기술적 요인을 최대한 고려하여 초기 균주선발 단계에서 집중적인 노력이 이루어져야 한다. 균주선발에 초점을 맞추는 것은 미생물의 다양성을 최대한으로 활용하는 것이고, 상대적으로 다른 개발단계보다 소요되는 비용이 적고, 기간이 짧을 뿐만 아니라, 동시다발적으로 수행할 수 있기 때문이다. 이를 위해서는 동일 연구기관에서 약효 뿐만 아니라 효율적으로 미생물의 배양을 확인할 수 있고 유통 및 저장과정에서 안정성을 유지하고 처리한 후 약효발현까지 생존할 수 있는 미생물을 일괄적으로 스크리닝할 수 있는 시스템의 구축이 절실히 필요하다고 하겠다. **농약정보**