

세계의 농약개발 흐름과

우리나라의 개발경향

경북대학교 농과대학

교 수 洪 鍾 旭

금세기 인류가 직면하고 있는 최대의 과제는 증가 일로에 있는 인구의 식량문제를 해결하는 것으로서 세계 각국은 식량의 안정적 생산을 위하여 부단한 노력을 경주하고 있다. 그러나 식량의 안정적 생산은 환경조건 및 각종 재해로 인하여 많은 제약을 받고 있는 실정이다. 그 중에서도 병해충에 의한 농작물 피해는 막대하여 병해충의 효율적 방제는 식량의 안정적 생산과 직결되는 것으로서 농약의 사용은 불가피하게 되었다. 따라서 많은 학자들은 병해충의 효율적 방제제 및 병해충에 대한 독성이 강한 우수한 약제의 개발에 착수하여 농업생산에 크게 공헌하여 왔다. <표1>은 우리나라의 쌀 생산에 대한 농약사용 효과를 나타낸 것으로 연평균 5백만석 이상의

쌀이 병해충으로 인하여 감수될 것을 농약사용으로 인하여 간접적으로 증수됨을 말해주고 있어 농약은 현대농업에서 가장 중요한 농업자재로 되었다.

<표 1> 병해충 무방제구와 방제구의 효과분석

구 분	쌀 생산량 (단위: 천석)	방제효과 (감수율: %)		간접증수효과 (단위: 천석)
		무 방제구	방제구	
평 년 ('79~'83)	34,385	20.9	5.2	5,398

(진홍청 '83)

그러나 농약은 병해충 및 잡초를 살멸하는 즉, 생물을 죽이는 약제(Biocide)로서 자연계에 잔류함으로써 인한 환경오염은 사회적인 문제를 야기시키고 있으며 또한 인축에 대한 독성, 천적등 유익곤충에 대한 영향등 여러가지 문제점이 있는 것

이 사실이다. 이와같이 농약이 본래의 목적외에 야기되는 문제점을 개선하기 위하여 지금까지 사용되어온 농약에 비해 보다 안전한 농약을 개발해야 할 것이다.

농약을 안전하게 사용하기 위해서는 농약이 병해충의 방제효과가 확실하고 또한 가능한 한 독성이 낮고 안전성이 큰 것이어야 한다. 즉 의도하지 않는 생물에 대해서는 작용하지 않는 안전성이 큰 농약의 개발이 기대되고 앞으로의 농약개발도 이러한 방향으로 많이 이루어져야 할 것이다.

세계의 농약개발 흐름

새로운 농약을 개발하기 위해서는 많은 시간과 비용이 소요되고 있다. 현재 전세계적으로 새로운 농약개발은 연간 10종 미만으로 극히 저조한 실정이다. 1972년 부터 81년 까지 10년 동안 약 80종류의 신제품이 시장에 나왔다.

세계적으로 年 10種 미만 개발

이중 제초제가 30종류 살충제와 살균제가 각각 24종류였다. 이 가운데 주요한 것으로는 라운드 업(round up) 제초제, 피레드roids(pyrethroid)계 살충제, 디페닐에테르(Diphenyl ether)계 제초제, 트리

아디메폰(Triadimefon)계 살균제 및 이와 구조가 유사한 것들이다. 세계 전체의 연구 개발에는 총 대상 고의 약 7.5%가 투자된다고 볼 수 있으며 1960년 후반부터 서서히 감소하고 있다.

新농약 개발 성공을 2만분1

새로운 화합물이 합성단계로 부터 사용될때 까지의 과정을 고려하면 새로운 농약의 성공율은 2만건당 1건에 불과한 실정이다. 따라서 세계 각국은 농약개발 비용을 줄이는 일환으로 새로운 농약의 개발보다 기존 고독성 농약의 저독성화 연구가 활발히 행해지고 있으며 기존 천연 피레드린(pyrethrin)의 단점을 보완시킨 합성피레드roids(pyrethroid)계 농약, 생물농약등 무독성 농약의 개발에 힘쓰고 있다. 그의 곤충 호르몬 및 성페르몬등 해충의 생리활성의 단점을 이용한 병해충 방제에 대한 연구가 진행되고 있다.

1) 화학구조 변경에 의한 저독성 농약의 개발

새로운 농약의 개발에 드는 엄청난 비용을 줄이기 위하여 효과가 우수한 기존 농약중 독성이 강한 화학

구조를 가진것을 일부 변경하므로 독성을 낮게하는 연구가 이루어져 좋은 성과를 거두고 있다.

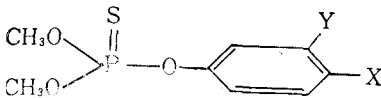
발에 많은 기대가 되고 있다.

2) 생물농약

독성의 저독화연구 활발

즉 유기인계 농약인 메틸파라치온의 페닐환에 메틸기를 도입시켜 개발한 스미치온은 그 특성이 <표2>에 보는 바와 같이 1/50로 감소되었다.

표 2. 메틸 파라치온과 스미치온의 독성



살충제	X	Y	파 리 Top-ical (μg/g)	진 닷물 Top-ical (μg/g)	원 경 쥐 구 LD50 (mg/Kg)
메 파라치온	NO ₂	H	1.2	0.99	23
스미치온	NO ₂	CH ₃	3.1	4.2	1,250

또한 카바메이트계 농약중 경구독성이 매우 강한 카보후란의 구조중 일부를 변경시켜 카보살판을 개발해서 쥐에 대한 급성경구 독성을 조사한 결과 11mg/kg에서 209mg/kg으로 경감되었으나 해충에 대한 방제효과는 카보후란과 동등 하였다. 이와같이 기존농약의 화학구조를 변경해서 약효는 그대로 유지하면서 독성을 경감시키는 연구가 활발히 진행되고 있어 앞으로 안정성 농약개

유기합성 농약이 개발되기전 병해충 방제용으로 제충국, 담배, 로테논등 천연 식물을 그대로 쓰게 되었으나 이들 천연식물들은 원료확보의 문제점등 농약으로써 여러가지 제약 조건으로 인하여 식물체내 유효성분만을 분리 동정하여 그 유효성분을 합성하므로써 식물성 농약개발에 큰 성과를 가져왔다. 그중 제충국에서 유래하는 피레드린은 살충제로서 좋은 장점을 가지고 있어 이의 합성품은 천연에서 얻은것 보다 대량생산되고 값이 싸며 일광에 안전한 것으로 알려져 있다. 처음으로 광범위하게 쓰여진 합성 피레드로이드로서는 알레드린인데 이는 동족체로서 오늘날까지도 위생해충의 구제에 널리 쓰이고 있다. 천연 피레드린의 유도체인 합성 피레드로이드로는 펜발러레이트(Fenvalerate), 데카메트린(Decamethrin) 등 20여종이 개발되었으며 그중 8종이 현재 농약으로서 실용화되고 있다. 이들 피레드로이드계 농약의 살충력 및 쥐에 대한 독성을 일반 유기합성 농약과 비교하여 보면 <표3>과 같다.

〈표 3〉 살충제의 곤충 및 쥐에 대한 특성(LD50)

분 류	쥐 (mg/6g)	곤 충 (mg/kg)	비 쥐/곤충
카 바 메 이 트 계	45	2.8	16
유 기 인 계	67	2.0	33
유 기 염 소 계	230	2.6	91
피 페 드 로 이 드 계	2,000	0.45	45,000

(합성 Pyrethroid, 77년
Michael, Elliott)

멸구슬 나무의 살충성 주목박아

한편 최근에 그 구조가 밝혀진 인도에서 널리 자생하고 있는 멸구슬 나무의 열매 또는 잎에서 추출된 주 성분인 아자디라치틴(Azadirachtin)은 여러 해충에 살충성, 기피성 등이 우수하며 앞으로의 식물성 농약 자원으로서 주목을 끌고 있다. 지금까지 동서문화센터(하와이)에서 조사 보고한바에 의하면 전세계적으로

〈표 4〉 농약적인 성질을 함유한 식물 종류

성 질	식 중 물 류	성 질	식 중 물 류
살 충 성	974	살 선 충 성	55
섭 식 기 피 성	219	항 박 테 리 성	37
기 피 성	209	살 처 성	30
유 인 성	22	어 독 성	147
화 학 불 임 성	1	살 초 성	6
살 균 성	92	기 타 독 성	159

(East-West-Center 1982)

2,000종 정도의 식물이 각종 병해충 방제력 및 살초성 물질등이 있는 것으로 조사 보고 하고 있다.

그 외에도 차이나베리(china berry)에서 유래하는 멜리아자드라크(Melia azaderach), 우심리사과(Custard apple)에서 유래하는 안노나세아(Annonaceae), 당근의 움벨리페아(Umbelliferae), 후추의 피페라세아(Piperaceae) 등이 활발히 연구되고 있다.

병원균에 대한 저항물질도 연구

또한 식물은 병원균에 대한 저항성을 가지고 있는데 그 하나는 식물 자체가 가지는 특이한 물질에 의한 것으로 호프(hop)의 후물론(humulon), 마늘의 알리신(Allicin), 감자의 솔라닌(solanine) 등이 그 예가 될수 있다. 또 다른 한가지는 병원균이 식물체에 침입할때 식물체내에서 새로운 방어물질(phytoalexin)을 생성한다. 파이토알렉신(phytoalexin)으로 현재까지 잘 알려진 것은 고구마의 이포메아마론(ipomeamarone), 완두의 피사틴(pisatin), 토마토의 리시틴(rishitin), 감자의 루비민 파이토 알렉신(lubimin phytoalexin) 당근의 6-methoxymellin 등이 알려져 있다. 이러한 파이토알렉신(phytoalexin)에 대한 연구는 여러 나라에서 활발히 연구되고 있

는 추세다.

3) 미생물 농약

친적 미생물, 길항 미생물등을 적극적으로 이용하여 종래의 화학농약과 동일한 형태로 살포하여 병해충 및 잡초의 방제를 위한 연구가 활발히 수행되고 있다. 현재 박테리아의 추링기엔시스(*thuringensis*)를 이용하여 나비목 해충의 구제에 실용적으로 사용하여 그 효과를 보고있다.

가격비싼 단점 보완 계속 연구

잔류독성이나 목적 이외의 생물에 미치는 영향은 거의 없으나 대량생산 및 제제상 역가에 따른 품질관리면, 적용시기 등을 고려해야 하므로 가격면에서는 아직도 유기합성 농약에 비하여 비싸므로 가격을 낮추기 위한 연구가 계속되고 있다. 메타리지움 아미소필라(*Metarrhizium amisopliae*)를 이용하여 이 균이 생산하는 독소인 데스트럭신(*Destruxin*) A 및 B에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 그의 바이러스 제제 및 잡초방제용 미생물 농약이 활발히 진행되고 있으며 트리코드르마 리그노룸(*Trichodrma lignorum*)의 생균제제가 담배의 백전병 방제에도 훌륭한 효과를 나타낸 것

으로 보고되어 있다. 미생물이 분비하는 농용항생제로서 이미 개발되고 있다. 그중 니코마이신(*Nikomycin*)은 뉴클레오사이드(*Nucleoside*)의 유사체로서 농용항곰팡이제로서 사용되고 있으며 키틴질합성 저해제로서 각광을 받고 있다.

4) 곤충 호르몬

곤충호르몬에 대한 연구가 세계적으로 아주 중요한 위치에 서게됨에 따라 각 선진국에서 이에 대한 연구가 활발하다. 그 중에서도 특히 유약호르몬(*Juvenile Hormone*) 즉 유충호르몬에 대한 관심이 고조되고 있다. 현재 모기방제에 전망이 밝은 합성 곤충호르몬인 메소프렌(*Methoprene*)은 알토시드(*Altocid*)라는 상품명으로 나와 있으며 곤충을 유충의 상태로 유지하는 작용을 가진다. 반면 엑디손(*Ecdysone*) 등은 번데기에서 탈피를 유발하는 작용을 한다. 이들은 특정 곤충에 선택적으로 작용하나 인체에 해가 없는 것이 특징이며 일정한 시기에 적용시켜야 그 효과를 충분히 발휘할 수가 있다. 또 호르몬성 살충제로서 다밀린(디플로벤주론)은 곤충의 키틴질 생합성을 저해시켜서 번태를 억제시키므로 살충효과를 발휘하는 것으로 그

효과가 우수하다. 그 외에 몇 가지 살충제 및 살균제가 실용화 되어 사용되고 있다.

5) 곤충 웨르몬

이미 선진국에서는 시설원예에 곤충웨르몬을 이용한 대량유살법이 이용되고 있으며 이것 또한 상당한 각광을 받고 있다. 이는 성 웨르몬, 집합웨르몬, 기동웨르몬 등으로 분류할 수 있으나 지난 20년간 세계적으로 130여 곤충으로부터 성웨르몬을 동정하여 그 효과가 우수한 것으로 인정되어 많은 과학자들의 관심의 대상이 되고 있다. 경보용으로 이미 미국에서는 *cis-7,8-epoxy-2-methyl octadecane*을 메미나방의 밀도 및 전염유무를 알기 위하여 웨르몬 덩을 사용하여 실용화하고 있다. 또한 일본에서도 담배의 해충에 적용시켜 상당한 효과를 본 웨르몬을 개발했으며 교신 차단작용을 일으키는 (2)-7-11-hexadecadienyl acetate 등은 교미를 방해하므로 차세대 증식을 억제시키는데 효과가 있다.

우리나라의 농약개발 방향

국내의 농약개발 과정을 보면 주로 외국에서 개발된 농약을 수입하

여 사용하여 왔으나 최근 급진적인 정밀화학 분야의 발달로 국내에서도 상당량이 합성되고 있으며 금후 농약의 국내 자급율은 더욱 증대 될 것으로 믿어진다. 그러나 현재 국내에서 생산되는 원제인 경우에도 대부분이 외국에서 개발된 합성기술을 도입하거나 복제에 의존하고 있으며 앞으로 당분간은 외국이 개발한 농약을 도입하기 위하여 그 합성기술을 전수하는데 그칠 것으로 전망된다. 새로운 농약의 개발은 전술한 바와 같이 많은 시간과 경비가 소요되므로 현 단계의 우리나라 경제여건으로는 너무나 큰 부담이 아닐수 없다. 따라서 우리 실정에 알맞는 범위에서 농약개발이 이루어져야 할 것이다.

병해충 동시방제제 개발필요

그리고 현재의 농촌실정 즉 노동력, 작물재배, 환경 등 제반 여건을 감안하여 농민이 손쉽게 값싸게 사용할 수 있어야 하며 병해충 방제효과가 우수한 농약을 개발, 보급하는 것이 우선적인 과제인 것이다. 이런 목적을 달성하기 위해서는 병해충을 동시에 방제할 수 있는 혼합제의 개발, 보급이 선행되어야 할 것이고 또한 현재 사용되고 있는 각 제형의 결점을 보완하여 손쉽게 살포할 수 있으며 방제효과가 높은 안전한 제

◇ 세계의 농약 개발흐름과 우리나라 개발경향 ◇

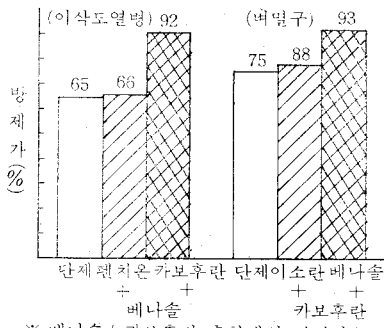
형의 개발이 시급히 요청된다. 나아가서 현재 농약의 화학구조 변경에 의한 저독성 농약개발, 국내 부존자원을 이용한 식물성농약, 미생물농약 등의 개발 연구도 세계적 추세에 발 맞추어 가야 할 것이다.

1) 혼합제 개발

병이나 해충이 시기적으로 동시에 발생하는 경우에 이들 병해충을 방제하기 위해서 살균제, 살충제를 각각 살포하든가 혼용하여 살포하여야 하나 이들 병해충을 동시에 방제할 수 있는 혼합제를 개발하므로 살포 노동력을 절감할 수 있으며 불합리한 혼용에 의한 문제점도 해결할 수 있다. 혼합제의 개발은 병해충 방제에 대하여 상호 상승적 효과가 있는 두 약제를 선발하여 혼합되는 두 약제의 특성에 알맞는 제형으로 제제화 한것이다.

따라서 혼합되는 두 약제의 구성 함량을 단제혼용에 비하여 저하시킬 수 있으며 부제함량, 포장제제 등이 반으로 감소시킬 수 있으며 이로 인하여 수송비, 보관용 창고 등이 반으로 감소되므로 농약 생산비 및 실 소비자 가격을 저하시킬 수 있다는 점으로 앞으로 개발전망이 밝다고 하겠다.

〈표 5〉 살균·살충혼합제의 이삭도열병 및 벼멸구 방제효과(1982. 농약연)



※ 베나솔+카보후란 혼합제의 방제효과 (%)
이삭도열병=92%
벼 멸 구=93%

현재 우리나라에서 고시된 혼합제 종류가 40여종으로 외국에 비하여 적은편이다. 학계 및 연구소도 이에 적극적인 혼합제 개발 연구가 진행되고 있으며 앞으로 많은 혼합제 농약의 개발 보급이 기대되고 있어 병해충 방제에 밝은 전망을 보이고 있다.

2) 안전성 제형개발

농약제제화의 목적은 여러가지가 있으며 그 중에서 중요한 것이 농약 주제의 물리, 화학적 성질을 개선하여 사용하는 농민이 처리하기 쉽고 효과가 우수하고 약해를 유발시키지 않으며 사용자의 안전성을 보장하는 것이어야 한다. 현재 우리나라에서

널리 사용되고 있는 제재로는 유제 액제, 분제, 수화제, 입제(습식 조립법, 흡착법, 피복법), 훈연 및 훈증제 등이 있으며 근래에 디코플을 액상수화제로 만들어 등록한 바 있다. 가까운 일본에서는 멸구방제로 DL형분제(Driftless Dust)가 일반 분제보다 더 우수한 것으로 입증되어 많이 사용하고 있다. 분제의 문제점으로 제기되어 있는 표류비산성을 최대한 줄이고 작물에 부착량을 증가시키기 위한 제형, 기술개발이 보급되어야 한다. 또 액체를 분무시 표류비산을 막기 위하여 기포분무(form spray) 형식을 취하고 있는데 보통 액제는 분무시 평균 입경이 200μ 근처이나 이들이 낙하시 증발하는 관계로 그 입경이 급속히 감소하게 되어 표류 비산하게 되므로 이를 방지하기 위하여 기포제를 첨가하여 작물에 부착량을 늘리는 기술이다. 그의 유효성분의 방출을 조절하기 위하여 마이크로캡셀제도 유용하며 전분의 글루코오스 결합사이에 이산화탄소를 결합시켜 주성분을 천천히 그리고 적절한 시기에 방출시켜 효과적이고 지속적인 효과를 낼 수 있는 적절한 조절을 하므로 체계적인 병해충 및 잡초방제에 도움을 줄 것이다.

3) 기존 유기합성 농약의 국산화 및 화학구조 변경에 의한 저독성 유기합성 농약의 개발

현재 우리나라에서는 화학방제로 인한 농약의 소비가 해마다 증가되고 있는 추세를 감안할 때 당장 신농약의 개발에 착수하여야 겠으나 여건상 아직도 얼마간의 무리가 뒤따라 점진적으로 행해질 수 밖에 없다. 전술한 바와 같이 국내 농약업체들이 대부분 원제를 도입하여 제재화하여 판매하고 있는 실정이다. 근래에 들어서 외국의 기존 제품을 모방하거나 다른 방법으로 합성하려는 공정개발에 역점을 두고 있는 실정이다. 기존농약의 모방기술에 있어서는 국내 농약업체에서도 자체 노력 및 연구기관과의 협력으로 상당한 수준에 올라가고 있는 실정이다. 따라서 이러한 국내의 특허법상 물질특허 제도가 아닌 공정특허 제도에 입각하여 외국의 기존농약의 국산화를 최대한 장려해야 할 것이다. 한편 이러한 공정특허제도에 선진외국에서 상당한 압박을 가해오고 있으므로 점진적으로 기존고독성 농약의 분자구조를 변경하여 저독화시킨 새로운 농약을 개발하는 것이 바람직할 것이다. 특히 현재 국내에서

피레드رويد계 농약의 증가 추세를 감안하여 이들의 국산화 및 신피레드رويد계 농약을 개발하므로 80년대 후반에 20% 이상을 차지할 것으로 전망되어 수입 대체효과는 물론 기존 농약의 대체 사용으로 독성문제가 크게 경감시킬 것으로 기대된다.

4) 생물 농약 개발

외국에서는 이미 개발 사용하고 있는 미생물 농약인 슈리사이드(Thuricide) 같은 것이 이미 국내에서도 그 효과가 입증되어 산업화를 위한 연구가 조금씩 진행되고 있다. 이런 미생물 농약의 국산화에는 산업화를 위한 비용절감 및 미생물의 대량번식기술등 아직도 해결해야 할 어려움이 많이 쌓여있다. 그외 농용항생제에 대한 연구도 아직은 미미한 형편이나 농약으로서 좋은 연구 대상이 될 것이다.

식물성 농약의 개발에 대한 국내의 연구는 거의 없는 편이나 근래에 들어서 세계적으로 활발한 연구 대상이 되고 있는 점으로 미루어 보아 적은 개발비로 좋은 효과를 얻을 수 있는 분야이기도 하다. 현재 국내에 자생하고 있는 식물중에도 병해충에 상당한 살균, 살충, 기피 효과등이 있는 것으로 추측되어 이 분야의 개

발로 “민간방제요법”으로 추천 가능한 것을 선정 보급하고 더 나아가 효과적인 물질의 규명과 아울러 더욱 효과있는 물질로의 대량합성이 가능할 것이다. 그 외 농약의 저독화 내지는 무독화 시대에 즈음하여 페르몬 및 호르몬 유사체의 개발도 그 전망이 매우 밝다.

농업생산성의 여러 저해 요인중 병해충 및 잡초에 의한 피해를 최소화 하기 위하여 사용된 여러 농약은 지금까지 방제에만 중점을 둔 나머지 여러가지 부작용이 나타났다. 따라서 앞으로의 농약개발은 목적하는 병해충 또는 잡초에만 적용되고 목적 이외의 인축 및 자연생태계에는 그 영향을 없애야 한다는 과제를 안고 있다. 이런 추세에 발맞추어 세계적으로 안전하고 저독성인 유기합성 농약의 개발을 위하여 분자설계에 의한 저독화 및 안전화에 역점을 두고 있으며 아울러 천적 및 미생물 식물등을 이용한 생물성 농약 개발에 힘쓰고 있다. 이와같이 안전성 농약의 개발을 위해서는 여러가지 방법이 가능하겠으나 국내에서는 우선 기존 농약의 국산화로 이룩한 기술 축적을 통하여 고독성농약의 화학구조 변경으로 저독성 농약의 개발이 가능하겠으며 아울러 인축에 무독한 농약개발 분야에도 큰 힘을 쏟아야 할 것이다.