

안 전 성 위 주 로  
 개 발 방 향 전 환

세계의 농약개발 흐름과 사용 현황

바이엘 농약사업부  
 농학박사 배 상 희

현재 세계인구는 45억을 넘어 2000년대에는 65억에 달하리라 추정하고 있으며 이에 대하여 농업생산성의 증가율은 1957년을 기점으로 인구증가에 비해 점차 뒤떨어지고 있는 실정이다. 이와 같이 급증하는 인구에 대비하여 농업생산성 향상에 의한 식량의 확보문제는 오늘날 현대농업에서 해결해야 될 가장 중요한 과제중의 하나이다. 따라서 이 농업생산성 향상문제는 식량자원을 농작물에 의존하고 이용가능 경지가 제한되어 있는한 부득이 단위면적당 수량을 높이는 수밖에 다른방법이 없으며 이를 성취시

키기 위하여는 계속적 품종 및 토지의개량,비배관리 및 병해충, 잡초방제의 개선등의 수단이 뒷받침 되어야할것이다. 이들 수단중 증수를 위하여 가장 간편하고 확실한 방법으로서 병해충, 잡초의 피해방제를 들수 있으며 따라서 이들 피해방제방법에 있어서도 저항성품종, 물리적, 경종적 및 생물적방제등 여러가지 수단을 들수있겠으나 가장 정확하고 효율적인 것은 농약사용에 의한 방법이라할수 있으며 이는 FAO, WHO 가 지적했듯이 식량작물의 증산에 필수적인 수단으로서 우리 모두가 다같이

이 수긍하는 주지의 사실이다.

농약사용으로 인하여 다 수확은 물론 다비(多肥), 밀식(密植), 조식(早植), 무대(無袋) 및 성력재배(省力栽培)를 할수 있게 되었고 이 농약개발보급의 급진적 발전은 세계 2 차대전 이후부터 더욱 현저하게 나타났으며 이에 따른 농약소비 역시 1960년 이후 20년 동안 거의 10 배이상으로 증가하게 되었다. 이와같이 농약사용이 확대 신장됨에 따라 자연히 농약의 과용 및 오용(誤用)으로 인한 그 부작용이 발생하게 되었으며 이에 따라 최근에와서는 농약이 기여하는 공적보다 환경공해물질로서 사회의 지탄을 받고있는 실정이다.

이에 비추어 농약은 식량의 안전확보를 위하여 그 사용이 불가피하므로 농약을 사용하되 부작용을 줄이는 방향으로 올바르게 그리고 안전하게 사용하려는 농약안전사용운동이 선진제국을 위시하여 세계여러나라에서 전개되고있으며 농약의 개발흐름도 이에 맞추어 부작용이 적은 농약 개발방향으로 지향하고 있다.

이곳에서는 이러한 농약이 현대농업에 있어서 필수자재인 동

시에 환경공해의 문제를 안고서 현재까지의 발달연혁 및 사용현황, 앞으로의 농약개발의 흐름을 검토해 보고저한다.

## 1. 농약개발의 연혁

인류는 고대에 유목생활로부터 정착하여 농경생활을 시작한 이래 병해충과의 투쟁을 계속해왔으며 맨처음 우리조상들은 이 병해충의 발생을 신의 노여움으로 인한 천벌로서 생각하여 기도로서 추방시키려하였으나 실효가 없었으며 다음은 불을 켜고 북을 친다든가 또는 빗자루로서 내쫓아 퇴치하려하였으나 이도 역시 효과가 없음을 차차 깨닫게 되어 그후 경종적, 물리, 기계적및 극히 단조로운 천연산물(농약)의 이용방법에 의하여 방제를 도모하였던것이다.

고대 회랍 로마의 기록(기원전 1000년경)에 의하면 병해충방제에 유황(硫黃)을 사용하였고 그후 비석(砒石, 900), 담배가루(1680), 제충국분(除虫菊粉, 1800), Derris (根, 1848), 고래기름(1670) 등을 살충용으로, 유황분말과 비누혼합제및 유산동(1821) 등은 살균제로서 사용하여왔다.

18세기 후반부터는 좀더 발전하여 석회유황합제(1851), 보로도액(1882), 우스폴론(1914), 세레산(1927) 등을 살균제로서 개발 보급하였으며 살충제로서는 송지합제(松脂合劑, 1886), 기계유유제(1906), 비산연(1892), 비산석회(1907), 유산니코친(1909) 등을 사용하여왔으나 1930년경 갑자기 제 2 차세계대전의 돌입으로 인하여 천연 또는 무기농약자재(無機農藥資材)의 원생산국(아프리카 및 아세아제국)들로부터 수송이 막히게 되어 이에 자극받아 유기합성농약개발을 착수하게 되었으며 이로부터 PCP(1936), DDT(1938), 2,4-D(1941) BHC(1942), Parathion(1944) 및 Dithiocarbamate계 살균제(1934) 즉 Zineb(1943) 등 유기합성농약의 연구개발이 시작되었다. 그러나 본격적인 유기농약개발이 활기를 띠게된것은 제 2 차세계대전이 끝난후부터였으며 그 사용량도 급격히 늘어나게 되었고 농작물의 증수도 상당한 수준으로 향상하게 되었다. 즉, Parathion을 유기인제의 원조(元祖)로서 그후 EPN, Malathion, Fenithion, Fenithrothion, Diazinon, Metasystox, Dimecron 등이 개발되었고 유기염소제는 DDT, BH

C의 개발을 계기로 Aldrin, Dieldrin, Heptachlor, Carbamate 제는 Sevin(1958)을 위시하여 MI PC, BPMC, Carbofuran등이 계속개발되었었다. 또한 유기살균제로서는 Zineb개발이래 Captan등이, 살비제로서는 Chlorbenzilate(1951) 및 Kelthane(1955) 등이 연구개발 되었다.

최근까지 급진적으로가장 많은 발전을 가져온 제초제는 2,4-D 개발을 계기로 2,4,5-T, MCPA 등이 보급되었으며 이어서 오늘날 사용되고있는 많은 제초제들이 속출하게 되었다. 이리하여 현재 사용되고있는 많은 농약들이 계속 다양하게 개발되어 왔었다.

## 2. 세계의 농약사용추세

농약산업의 진전은 세계 2 차대전 이후 급진적으로 신장하여 이에 따라 농약사용량도 현저하게 늘어났고 따라서 농업생산성도 상당히 향상시켰던 것이다. 예를들면 1945년 미국에서는 처음으로 유기살균제 Nabam과 당시 새로운 살충제였던 유기염소계 DDT를 농약으로서 농작물에 사용하였다. 그 결과 그후 9년간 단위면적당 증수경향을 작물

별로 보면 감자가 90%, 밀이 20%, 채소가 61%, 두류(豆類)가 20%나 증수되었다고 하며 이에 반하여 이 농약들을 사용치않은 농장에서는 같은 기간에 전작물(田作物)이 4~6%, 채소가 3~6%밖에 증수를 하지 못했다고 한다. 또한 1967년 총해로 인한 감수를 전 세계적으로 조사 보고한바에 의하면 사탕수수가 40%, 벼가 38.7%, 옥수수가 22%, 목화가 17.7%, 사탕무, 감자등이 10%, 맥류가 5% 각각 감수되었다고 한다. 일부 학자들의 추정에 의하면 현재 전 세계적으로 병해충잡초로 인한 식량작물의 감수가 수확할때까지 30%, 수확후 저장하는 동안에 10~20%가 넘을것이라고 하며 최근 일본에서 조사보고한바에 의하면 병해충만의 피해로도 작물에 따라 20%(보리)에서 90%(사과)의 감수를 초래한다고 하였다.

한국에 있어서도 병해충만의 피해에 의한 감수가 벼에 있어서 20%정도로 알려져있으며 이는 관행적인 병해충방제만으로도 5%까지 줄일수있고 따라서 15%증수효과를 거둘수 있다고 보고된바 있다.

### 농약사용량 증가따라 농업생산성 크게향상

전술한바와 같이 농약을 사용하여 병해충및 잡초의 피해를 예방및 방제하므로서 다수성(多收性) 품종및 새로운 재배기술을 도입할수있었고 따라서 농작물의 증산및 안전생산을 기할수있게 되었다. 이때문에 농약소비증가의 세계적인 추세는 1960년이후 근년에 이르기까지 급진적으로 신장하여 이에 따라 농업생산성도 상당히 향상되어왔다. 즉, <표 1>에서와 같이 1982년도의 전세계 농약총판매액을 133억불로 추산하고 있으며 이는 1960년도의 15배, 1970년의 5배의 신장세를 보였고 특히 1960년에서 1970년사이에 많은 신장율을 보였다. 또한 약제부문별로 보면 제초제가 엄청난 신장세를 보였고 다음이 성장조정제, 살충제였으며 살균제는 매우 둔한 신장을 보였다. 특히 1960~1970년간 10년 사이에 현격한 제초제의 증가율은 거의 30배를 넘어섰다.

한편 농약소비를 주요작물별로 보면 표 2에서와 같이 옥수수, 벼, 목화, 콩의 순위로 나

타났으나 벼가 주요작물로 되어 가 거의 50%를 차지하고 있다.  
 있는 우리나라 및 일본에서는 벼

〈표 1〉 세계농약시장신장추세  
 (Wood mackenzie, Agrochemical Service 1983)

약 제 별	농 약 대 ( 미 화 100 만불 )					
	1960	%	1970	%	1982	%
제 조 제	170	20.0	599	22.2	5,250	39.5
살 충 제	310	36.5	1,002	37.1	4,350	32.7
살 균 제	340	40.0	940	34.8	2,925	22.0
생장조정제	30	3.5	159	5.9	775	5.8
계	850	100.0	2,700	100.0	13,300	100.0

〈표 2〉 세계중요작물별 농약소비추세  
 1982. (Wood Mackenzie Agrochemical Service 1983)

(단위 : 미화 100만불)

작 물	총농약대		약제별농약대(금액)					
	(금 액)	%	제초제	%	살충제	%	살균제	%
과수및채소	2,885	23.0	425	8.1	1,160	26.7	1,300	44.4
옥 수 수	1,620	12.9	1,140	21.7	440	10.1	40	1.4
벼	1,515	12.1	490	9.3	645	14.8	380	13.0
두 류	1,160	9.3	980	18.7	130	3.0	50	1.7
목 화	1,380	11.0	325	6.2	1,020	23.4	40	1.4
밀	1,095	8.7	650	12.4	100	2.3	345	11.8
사탕무우	465	3.7	315	6.0	105	2.4	45	1.5
기 타	2,400	19.2	925	17.6	750	17.3	725	24.8
계	12,525	100.0	5,250	100.0	4,350	100.0	2,925	100.0

**세계적인 농약 사용추세  
 비교적 완만한 증가보여**

최근 농약사용 추세는 국가별  
 로 보면 〈표 3〉에서와 같이 거

의 완만한 증가추세를 보이고 있  
 으며 비교적 집약농업(集約農業)  
 을 하는 일본, 이태리, 이스  
 라엘, 한국 등이 단위면적당 농  
 약사용량이 많은 편이나 조방농

〈표 3〉 농약사용추세(FAO Production Year Book1982).

국 명	농 경 지 (목장초지포함) 1,000Ha	총농약소비량(주성분)M/T			Kg(주성분)/Ha		
		1978	1979	1980	1978	1979	1980
한 국	2,244	11,248	14,473	15,746	5.01	6.45	7.02
미 국	428,163	300,320	314,120	319,620	0.70	0.73	0.75
일 본	(5,602)a)	78.673	99,008	(123,418)a)	14.41	18.13	(22.03)a)
이 태 리	17,601	225,208	242,293	231,286	12.80	13.77	13.14
이스라엘	1,231	12,421	10,930	10,905	10.09	8.88	8.86
덴 마 크	2,905	5,960	6,149	4,937	2.05	2.12	1.70
멕시코	97,829	13,899	20,589	20,457	0.14	0.21	0.21
인 도	181,130	53,971	48,627	45,428	0.30	0.27	0.25

a) 일본농약요람(1982) 참조

업(粗放農業)을 하는 나라일수록 농약을 적게 사용하는 경향을 보였다.

### 3. 신농약개발의 흐름

중래의 농약은 대상병해충 및 잡초에 대한 정확한 약효와 경제성만을 필요로 하였으나 금후 개발되는 농약은 그외에 독성 및 자연환경 보전에 대한 안전성도 필수적으로 요구되고 있다. 이는 1960년을 전후하여 농약사용에 의한 부작용 문제가 거론되기 시작하여 최근 1980년대에 와서는 농약의 고도의 안전성이 강력히 요망되고 있는 실정이다.

'80년대의 농약개발은 고도의 안전성을 요구

이에따라 농약의 개발과정 및 등록구비 요건이 더욱 복잡하고 어렵게 되어 있고 신농약의 개발소요 기간은 5~6년(1960년대)이 10~12년(1980년대)으로, 품목당 개발경비도 250 \$(1960년대)에서 2,500~3,500 \$(1980년대)로 늘어났으며 이에 반해 개발 확율은 더욱 줄어들게 되었다. 이러한 요건을 충족시킬 수 있는 농약이란 선택성이 현저 하여야 하고 한편으로는 화학적으로 분해성(分解性)을 지녀야 한다. 이 선택성이란 대상작물에 대한 작용성과 대상외생

물(인축, 작물, 천적, 익충등)에 대한 작용성의 차가 큰것을 말하며 현재까지의 선택성 농약은 일반적으로 종래의 비선택성 농약에 비해 적용범위가 좁고 사용농도, 효과, 경제성에 있어서 떨어지는 경향을 보인다. 이 때문에 여하히 적용범위, 효과, 경제성을 저하시키지 않고 선택성이 큰 약제를 개발하는 것이 금후 앞으로 과제이다.

또하나의 중요한 분해성이란 농약사용 후 일정기간 내에 분해되어 활성이 없는 무독물질로 되어 자연계의 물질순환계 속으로 환원되어 버리는 것을 뜻한다. 이 분해성이 있다는것은 비교적 빨리 약효를 소실케 되는것을 말하며 따라서 이는 약효 지속기간이 짧게 되는 결과를 가져온다. 이 때문에 일정기간 방제를 위하여 약효를 유지확보하기 위하여는 사용량 또는 사용횟수를 늘려야 하며 이를 늘리게 되면 결과적으로 경제적인 면에서 비싸게 된다. 이 또한 지효성과 잔류성과의 관계를 실용적인 면에서 어떻게 가장 합리적으로 조화시키느냐가 문제이다.

### 인축에 대한 독성이 적고 안전성 높은 약제를 요구

현재뿐만 아니라 앞으로의 농약개발은 인축에 독성은 물론 자연생태계에 부(負)의 영향이 적고 안전성이 높은 농약이 절실히 요구되고 있으며 이러한 약제를 개발하기 위하여는 인축에 대한 급성 및 만성독성, 발암성(發癌性), 최기성(催奇性), 변이유기성(變異誘起性) 등은 물론 작물과 토양잔류, 생물체내 농축성(濃縮性), 대사작용(代謝作用) 및 대사물질의 작용성, 유익한 천적, 기타 자연환경에 대한 영향등을 세심하게 조사한 후 개발할 수 있도록 선진제국에서는 등록 자체가 제도적으로 규제되고 있다. 이와같이 저 독성이고 비교적 안전한 농약이 요망되고 있기 때문에 이러한 요건을 구비한 새로운 약제들이 최근에 와서 개발보급되는 경향을 보이고 있다. 예를들면 천연물 화학을 기초로 개발한 피레스로이드(Pyrethroid)계 살충제라든가, 생물의 형태구조 및 그 성분의 차를 이용한 선택성이 높은 키틴합성저해제(Chitin合成阻害劑)라든가, 고유한 중

특이성(種特異性)으로서 선택성이 큰 생리활성물질(生理活性物質)을 이용한 약제라든가, 해충의 불임화로 생식능력을 잃게 하는 불임제라든가 천적곤충, 천적미생물, 길항미생물(拮抗微生物) 등 생물소재를 이용한 생물농약등이 속속 개발 보급되고 있다.

결론적으로 말하면 앞으로의 농약개발 및 보급은 인축 및 자연생태계에 부(負)의 영향이 적은 즉, 종래의 생물활성 위주의 농약에서 안전성위주로 그 방향이 전환되어 가고 있다.

따라서 인축 및 자연생태계에 안전성이 높은 농약개발은 기존 농약의 분자설계(分子設計)에

의존 저독화, 천연생물 구성성분 재합성에 의한 생체성분(生體成分)의 농약화, 병해충의 형태 및 생리생태의 특성을 선택성으로서 활용한 농약, 종특이성(種特異性)이 강한 생리활성물질을 이용한 농약화, 기존개발된 저독성 농약의 상승효과를 이용한 혼합제 개발, 기존농약의 제제 개선에 의한 저독화등 안전 화학 농약의 개발과 천적생물(포식충, 기생충, 기생 미생물, 길항(拮抗) 미생물 등)을 이용한 생물 농약 등에 개발 연구가 세계 각국의 국가 및 기업체의 연구기관에서 활발하게 진전되고 있다.

