

21세기의 「바이오테크놀로지」농약

宍戸 孝

일본농림수산성 농업환경기술연구소

농약의 功과 罪

농약은 농업의 생산성 향상, 나아가 식량의 안정공급 및 품질유지에 필요불가결한 자재로써 대단히 큰 역할을 해 왔다. 그리고 앞으로도 작물보호에 있어서 중추적인 역할을 할 것이다.

농약은 ① 사용이 용이하며 방제효과가 정확할 뿐만 아니라 긴급사태에 대처할 수 있다. ② 다양한 특징을 가진 많은 약제가 있어 방제목적에 따라 선택이 가능하다. ③ 노동력 절감, 저렴한 비용등 경제적인 효과가 크다는 점등 여러가지 이점을 갖고 있다. 그리고 온난다습한

기후풍토로 인해 병해충, 잡초 등에 의한 피해가 발생하기 쉬운 일본에서는 농약이 그 특성을 충분히 발휘하여 농작물의 보호 측면에서 고도의 토지이용형 농업을 가능케 했다고 할 수 있다.

한편 세계로 눈을 돌려보면 1987년 7월에 지구인구는 50억을 돌파했으며, 21세기에는 100억 이상으로 늘어날 전망이라고 한다. 지구의 유한성 내지는 지구 환경의 변화는 21세기의 인류 생존에 많은 장애를 가져올 것으로 보이며 그 중에서 가장 먼저 거론되는 것이 식량문제이다. 지구의 경지면적 15억ha는 현재 감소하고 있는 실정이며 단순계산으로도 21세기에는 단위면적

당 수확량을 현재의 두배로 늘리지 않으면 안된다. 따라서 앞으로의 식량문제 해결에 있어서 농약의 이용은 지금보다 훨씬 중요한 역할을 하게 될 것이다.

그러나 이러한 플러스 효과와는 반대로 농약사용이 가져다 주는 부차적인 영향 또한 간과할 수 없다. 첫째로 농약이 갖는 독성문제이다. 농약 사용시 및 식품잔류에 의한 위험성, 급성·만성독성, 토양·물·대기의 오염, 생물체에의 축적, 비표적 생물체에 대한 영향등 안전성 문제가 우려된다. 두번째 문제로서는 농업생태계의 파괴 및 약제저항성 해충, 잡초의 출현등을 들 수 있다.

종래의 殺滅型 농약의 사용은

천적이나 유해생물과의 競爭種에도 커다란 영향을 미쳐 농업 생태계에 있어서의 생물간의 균형을 깨뜨리고 일부 병해충의 다발생 및 과거 문제시되지 않았던 潛在性 병해충을 초래하고 나아가 농약의 반복사용과 농약에 크게 의존하는 방제법에 저항성 병해충, 잡초를 유발하는등 방제기술 면에도 많은 문제점들을 내포하고 있다.

농약의 변천과 전망

농약개발의 과정을 역사적으로 살펴보면 농약에 대한 사회적 정세를 반영하여 상기의 농약사용에 따른 여러가지 마이너스 효과를 줄여나가는 방향으로 추진돼 왔다고 할 수 있다.

표 1. 살충제의 상대독성(相對毒性)

살충제명	LD ₅₀ (mg/kg)		선택독성비 A/B
	rat(經口毒性) A	집파리 B	
Parathion(유기인계)	3.6	0.9	4.0
DDT(염소계)	118	2	59
MEP(유기인계)	570	2.3	248
permethrin(피레스로이드계)	1,500	0.7	2,143
chlorfluazuron(IGR, 탈피저해)	>8,500	0.24	>35,416
methoprene(IGR, 幼若호르몬유연체)	>34,600	0.020	>1,730,000

다시 말해,

高毒性 → 低毒性

難分解性 → 易分解性

非選擇性 → 選擇性

등, 사람에게 미치는 危害(급성·만성독성, 발암성, 기형유발성), 잔류성, 생물농축성등에 대해서는 초기의 농약과 비교해 대폭적인 개선이 이뤄졌고 현재도 지속되고 있다. 한 예를 들어보면 표1은 쥐(rat)와 곤충에 대한 살충제의 독성비교, 즉 선택독성을 나타낸 것으로 근년에 개발된 것일수록 인축에 미치는 독성이 현저하게 저하돼 있다.

또한 DDT와 같이 난분해성으로 식물연쇄에 의한 생물농축성이 높은 것은 이미 일본에서는 사용되고 있지 않다. 나아가 현재는 농약으로써 구비해야 할 이들 특성에 더하여 극히 저약량으로 효과적인 농약을 개발하는 것을 목표로 ha당 시용 유효

성분량이 불과 수kg으로 효력을 보이는 高活性, 環境低負荷型의 고성능 농약시대로 접어들고 있다(표 2).

생태계영향 줄이는 생물제어제

한편, 농약의 안전성 문제와 더불어 농약이용이 가져올 생태계에 대한 영향을 보다 줄여나가기 위해 모든 적절한 방제수단(물리적, 화학적, 생물적, 경종적)을 구사하여 유해 생물군을 경제적 피해허용수준 이하로 감소시키기 위한 관리법 즉, IPM이 새로운 농작물 보호기술로 제안됐다.

이 IPM을 기초로 농약도 종래의 biocide(살멸제)와 함께 bioregulator(생물제어제)가 유력한 개발대상이 됐다.

예를 들어, 해충방제제 분야에서서는 생육이나 생식을 억제하거나 행동을 제어하기 위한 곤

표 2. 농약(유효성분)의 시용량(kg/10a)

D-D	40.000	MCC	0.900
MEP	0.360	펜티오카브	0.500
cartap	0.160	파라콰트	0.120
fenvalerate	0.020	벤실푸론메칠	0.005-0.0075
teflubenzuron	0.00165	코롤스르프론	0.0002-0.0016

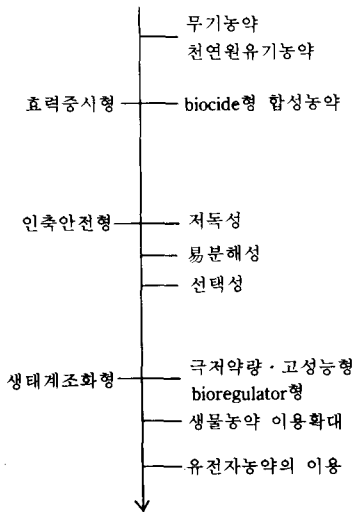


그림 1. 농약의 추이

충생육제어제(IGR), 곤충행동제어제(IBR), 영양대사길항저해제, 食誘引劑, 공생미생물살멸제 등이 개발목표로 돼 있다. 이 중에서 곤충 페로몬, 곤충표피형성저해제, 곤충 호르몬교란제 등은 이미 실용단계에 접어들고 있다.

이와 같이 생물제어나 고성능, 고도 선택성 지향의 경향은 살균제와 제초제 분야에서도 나타나 생장, 증식, 분화등 생리면에서나 생태면에서의 생물특유의 기능에 대한 해명과 그 제어

연구가 신농약 개발에 중요한 도움을 주고 있다. 살균제 분야에서는 병원균의 생활환경제어나 병원균에 대한 식물의 誘導 저항성 증강등이 목표의 하나가 되겠다. 제초제에서는 식물특유의 작용점, 농작물에 대한 고도 선택성, 살초 및 잡초억제가 목표가 되고 있다.

생물농약 분야에서는 이미 1970년대에 BT제로 대표되는 미생물 농약이 작물보호분야에 도입, 사용돼 왔다. 미생물 농약은 이미 자연계에 존재하고 인축에 비교적 안전성이 높으면서 병해충, 잡초에 대해 높은 선택성을 갖고 있으며 표적의 생물에 대한 영향이 적고 나아가 저항성 및

표 3. 유전자 농약의 개발

유전자 조작	표적생물 또는 작물보호기능
1. BT아종의 세포융합	나비목해충, 콜로라도잎벌레
2. BT독소유전자의 근권미생물에의 도입	토양해충
3. BT독소유전자의 식물에의 도입	내충성식물
4. 바이러스코드단백 유전자의 식물에의 도입	식물에 바이러스 저항성 부여

내성이 발달하기 어려운 등의 이점이 있다. 앞으로는 방제가 어려운 유해생물에 대한 대책으로서, 또 환경에 미치는 영향을 줄이기 위해 농약에 있어서 세균을 비롯하여 사상균, 바이러스, 원생동물, 선충등의 이용이 지금보다 더욱더 확대될 것으로 예상된다.

21세기에 기대되는 「유전자 농약」

다음은 농약에 있어서 ‘바이오 테크놀로지’의 이용이 밝은 전망을 갖고 있다. 최근 유전자 조작연구의 진전에 따라 생물기능을 지배하는 유전자 그 자체를 적극적으로 이용하여 병해충이나 잡초로부터 농작물을 보호하는 새로운 ‘타입’의 생물농약 개발이 추진되고 있다. 주요한 내용은 표3에서 보는 바와 같다.

BT제 관련분야의 개발이 가장 진전을 보여 BT균의 살충력 증강, 살충 ‘스펙트럼’의 확대등에 유전자 전환기술이 이용되고, 또한 근권, 엽면 미생물 내지는 도관내 기생미생물에 BT독소유

전자가 도입되고 있다. 나아가 BT독소유전자 도입식물도 만들어 내고 있다. 현재 미국에서는 이들 생물에 대한 야외에서의 이용시험이 시작되었다.

이와같은 미생물에 있어서의 유전자 조작이나 식물에 내충성 내지는 내병성을 부여하는 일은 농약활성을 지배하는 유전자 물질 DNA의 새로운 이용형태로써 그야말로 「유전자 농약」이라 부를만한 것인데 안전성 문제가 해결되면 21세기에 기대되는 새로운 농약의 하나가 될 것이다.

이상과 같이 농약의 문제점과 그에 대응한 농약특성의 질적, 양적 변화와 향후의 전망을 포함하여 간단하게 설명하였다. 그림1은 이를 정리한 것이다.

마지막으로 작물보호에 대한 앞으로의 전망은, 사람에 대한 안전성과 생태계와의 조화를 보다 중시한 농약을 중심으로 각각의 특성을 살리면서 물리적, 생물적, 경종적인 방제법을 조합한 작물보호가 생산성과 경제성을 도모하는 바탕위에서 다방면으로 전개될 것으로 보인다.