



김정한
서울대 농업생명과학대 교수

농약은 무엇?

아직도 대부분의 소비자들은 '농약' 하면 (맹독성)살충제나 발암제를 생각하고 농약과 제초제는 다른 것으로 여긴다. 뿐만 아니라 살충제는 위험해도 제초제는(식물을 죽이는 약제라서) 사람에게는 별로 위험하지 않은 것으로 인식하기도 한다. 농약은 이미 세종대왕 시절부터 종자소독(최고(古)의 기록:農事直說(鄭招), 세종 11년, 1429)]을 하면서 개념이 있었고, 최초의 합성농약을 1930년부터 사용했으니 75년이나 되었는데도 이 수준이다. 그저 학자들은 연구만 하고, 기업은 돈만 벌고, 소비자 대중들은 먹고 사는 것이 모두 다 농산물임에도 불구하고 농업을 경시한 삼박자의 결과임이 틀림없다.

농약은 어떤 모양일까?

탄소 등 17종 원소로 구성, 형성된 모양 따라 생체내 반응방식 달라

살균·살충·제초제 모두 포함하는 'pest·cide' 합쳐진 용어, 농업에 쓰이는 약일 뿐

농약은 간단하게 말해 “살충제, 살균제, 제초제를 모두 포함한 대표적 용어이고, 파리, 모기 박멸에 쓰이는 가정·방역용 살충제도 거의 모두 살충제농약”으로 이해하면 된다. 조금 더 알아보면 「농약관리법」에는 다음과 같이 정의되어 있다. “농약이라 함은 농작물(수목 및 농림산물을 포함)을 해하는 균(菌), 곤충(昆蟲), 응애, 선충(線蟲), 바이러스, 잡초 기타 농림부령이 정하는 동식물(동물; 달팽이, 조류 또는 야생동물, 식물; 이끼류 또는 잡목)의 방제에 사용되는 살균제(殺菌劑), 살충제(殺蟲劑), 제초제(除草劑), 기타 농림부령이 정하는 약제[기피제(忌避劑), 유인제(誘引劑), 전착제(展着劑)]와 농작물의 생리기능을 증진하거나 억제하는데 사용되는 약제”를 말한다. 즉, 살충제, 살균제, 제초제 외에도 해충을 직접 죽이지 않고 기피, 유인하는 약제, 농약이 식물에 잘 붙도록 하는 전착제와 식물생장조정제 등도 농약으로 포함되어 있다.



자문위원칼럼 ② 농약은 어떤 모양일까?

표 1. 'Cide(죽이다)' 접미사를 포함하는 농약 종류

| 농약 종류 | 역 할 | 농약 종류 | 역 할 |
|---------------------|--------------------|--------------|----------------------|
| Acaricide, Miticide | 응애를 죽임(살응애제) | Algicide | 藻類를 죽임(살조류제) |
| Avicide | 새를 죽임(살새제) | Bactericide | 세균을 죽임 |
| Fungicide | 병균을 죽임(살균제) | Herbicide | 잡초를 죽임(제초제) |
| Insecticide | 해충을 죽임(살충제) | Larvicide | 해충 알(모기알 등)을 죽임 |
| Nematicide | 선충을 죽임(살선충제) | Molluscicide | 달팽이를 죽임(살연체동물제) |
| Pediculicide | 이를 죽임 | Ovicide | 해충 알을 죽임 |
| Predicide | 야생 포식동물(코요테 등)을 죽임 | Piscicide | 어류를 죽임(살어제) |
| Silvicide | 나무, 잡목을 죽임 | Rodenticide | 쥐(설치류: 토끼 등)을 죽임(쥐약) |
| | | Termiticide | 흰개미를 죽임 |

표 2. 'Cide(죽이다)' 접미사가 없는 농약 종류

| 농약 종류 | 역 할 |
|-------------------|--------------------------------|
| Attractants | 해충을 유인함(유인제) |
| Chemosterilants | 해충이나 유해동물(새, 설치류 등)을 불임시킴 |
| Defoliants | 식물의 잎을 제거함 |
| Desiccants | 식물을 고사시킴 |
| Disinfectants | 유해미생물을 제거함(주방, 화장실용 항균제 등) |
| Growth regulators | 곤충이나 식물의 생장을 조절함 |
| Pheromones | 해충이나 유해동물을 유인함(페로몬) |
| Repellents | 해충이나 유해동물(개, 토끼, 사슴, 새 등)을 내쫓음 |

어찌하든 우리나라는 농업에 쓰이는 약이라는 의미로 '농약'을 정의하고 있다. 하지만 서양은 어떠할까? 모든 합성 농약이 서양에서 먼저 발명된 것이어서 그들의 정의가 궁금하다. 이것은 농약에 해당하는 영어단어를 알면 된다. 영어로 'pesticides'이다. 이 단어는 'pest'라는 단어에 'cide'라는 접미사가 합쳐져서 만들어진 어휘로 'pest를 죽인다'는 말이다. 이때 pest는 옛날 유럽을 휩쓸었던 '흑사병'이 아니라 해충, 병균, 잡초 뿐 아니라 농작물(수목 및 농림산물을 포함)을 해하거나 위생상 문제가 되는 모든 생물을 의미한다(표 1, 2). 우리의 '농약'보다 범위가 크고 역할에 따라 훨씬 다양하게 분류되어 있다.

농약의 정체?

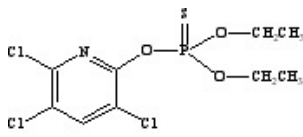
농약의 구성 원소 그렇다면 이와 같이 기발하고

표 3. 농약 및 인체 구성 원소

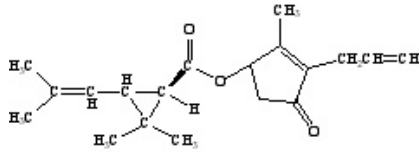
| 구분 | 구 성 원 소 |
|-----|--|
| 농 약 | 탄소, 수소, 산소, 질소, 인, 나트륨, 염소, 유황, 불소, 마그네슘, 붕소, 브롬, 아연, 망간, 구리, 니켈, 주석 |
| 인 체 | 탄소, 수소, 산소, 질소, 인, 칼슘, 나트륨, 칼륨, 염소, 유황, 마그네슘, 불소, 옥소, 붕소, 규소, 비소, 브롬, 바나듐, 철, 아연, 망간, 구리, 니켈, 코발트, 은 |

다양한 방법으로 생물을 제어하는 농약은 도대체 무엇으로 만들어 졌을까? 생물을 죽이는 것으로 보아 이상하고 독한 성분으로만 만들어 졌을까? 농약도 여타 의약품, 식품성분과 마찬가지로 화합물(compound)이고, 분자(molecule)이므로 다양한 원소(element - 원소 주기율표를 생각함)로 구성되어 있다. 100여 가지가 넘는 원소들 중 약 17종의 원소(표 3 참조)가 현재 사용하고 있는 농약을 구성하며 대부분은 탄소를 포함하는 유기화합물이다. 물론 자연계에 모두 존재하는 원소들이고 우리 몸(인체)을 구성하는 원소들과도 별로 다를 바 없다. 이러한 원소들이 결합되고 연결되어 형성된 모양에 따라 생체 내에서 반응하는 방식이 다른데, 이에 따라 살충제도 되고, 살균제도 되고, 제초제도 된다.

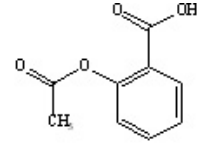
농약의 모양새(구조) 이처럼 다양한 원소가 여러 방식으로 결합하여 농약 분자가 형성되는데, 역할이 다양한 만큼 그 모양새(구조)가 궁금하



Chlorpyrifos

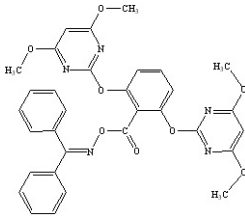


allethrin

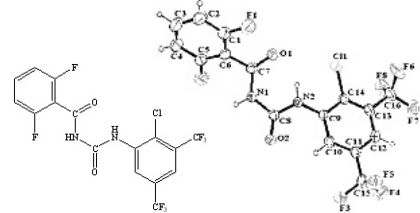
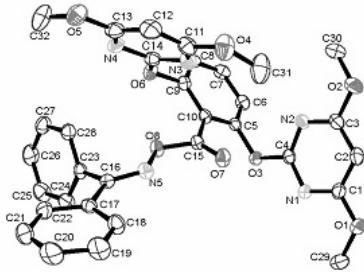


aspirin

그림 1. Chlorpyrifos, allethrin, aspirin의 구조



Pyribenzoxim



Bistrifluron

그림 2. Pyribenzoxim(제초제)과 bistrifluron(살충제)의 3차원 구조

다. 도대체 어떻게 생겼을까??

채소 오염 때문에 신문지상에 자주 등장하는 클로르피리포스(chlorpyrifos)와 모기향의 살충 성분인 알레쓰린(allethrin), 대표적 의약품인 아스피린(aspirin)의 구조를 살펴보자(그림 1). 원소끼리 연결되어 삼각형, 오각형, 육각형의 고리를 이루고 대칭구조도 있고 간단하고 복잡하고 참 흥미롭고 신기하다. 또한 의약으로서의 작용이나 살충 작용을 하는 방식이 서로 다르니 개성도 독특하다!!

농약의 구조 농약의 구조를 그림(그림 1)으로 보니 “음, 그런가?!” 하지만 농약은 겉모양이 모든 유기화합물과 마찬가지로 고체가루이거나 액체일 뿐 정확한 구조를 볼 수는 없다. 그러면 어떻게 농약분자의 구조를 정확히 알아낼까??

여기에는 여러 가지 첨단 화학구조분석 기기가 사용된다. 농약분자가 자외선을 흡수하는 모양(자외선 분광분석기)이나 적외선을 흡수하는

모양(적외선 분광분석기)으로 일부분의 구조를 알 수 있고, 핵자기공명분석기를 이용하면 원소들 특히 탄소, 수소, 인 등의 존재와 연결모양을 알 수 있어 구조를 대부분 결정할 수 있으며, 질량분석기로 분자량을 확인하여 전체 농약의 구조를 결정한다. 이러한 경우는 2차원적(평면)구조 밖에 알아낼 수 없지만, 농약이 고체인 경우 아주 작고 투명한 crystal을 만들어서 X-선을 이용하여 구조를 마치 사진을 찍은 것처럼 상세히 결정할 수 있는데(X-선 결정학) 이때는 핵자기공명분석보다 더욱 유용한 정보(원소들 간의 결합거리, 결합각, 작용기들의 상대적인 위치 등)와 전체적 3차원 구조를 볼 수 있다.

예를 들면 pyribenzoxim과 bistrifluron은 각각 LG화학과 동부한농화학에서 세계 최초로 개발한 제초제 및 살충제인데, 본 연구실에서 X-선 결정학기기를 이용하여 자세한 3차원 구조를 최초로 알아내었다(그림 2).