

# 1 살충제는 해충을 어떻게 죽이나?

살충제는 그 종류가 많고 또 그 종류에 따라 작용기구도 다르기 때문에 화학적 계열이 서로 다른 각 살충제의 작용기구를 이해한다는 것은 그 약제를 보다 유효하고 합리적으로 사용하는데 있어 큰 지침이 된다. 또한 방제 효과를 저하시키는 원인이 되고있는 해충의 살충제에 대한 저항성발달은 살충제의 작용 기구와는 어떤 상관이 있으며 그 방제대책은 무엇인지 이번호부터 2회에 걸쳐 소개한다.

## 1. 살충제의 독 작용경로

살충제가 곤충체내에 침투하여 작용점(作用點)에 도달하게 되면 여러 가지 독작용(毒作用)을 나타낸다.

살충제의 곤충체내 침투 경로는 입과 피부 및 기문이다. 곤충의 몸 조직 내에 침투한 살충제가 작용점에 도달할 때에 어떤 것은 분해되어 독작용을 나타내지 않거나, 또 다른 것은 반대로 활성화(活性化)되어 보다 강력한 독성을 가진 물질로 변하여 일부는 곤충체내의 어떤 기관에 축적(蓄積)되고 일부는 배설(排泄)된다.

또한 곤충체에 약제가 도달하더라도 그 전부가 살충작용에 관여하는

것은 아니고 일단 약제가 곤충 체내로 침투하게되면 조직내에서 여러가지 저항을 받기 때문에 그 약제의 일부가 작용 부위에 도달한 후 작용점과 반응할때 생리적, 생화학적(生化學的) 기능의 변화를 일으켜서 결국에는 곤충을 죽게 한다.

따라서 살충제의 작용기구를 생각할 때 살충제의 작용 장소와 그 방법 그리고 곤충체내에서의 유효한 살충제의 양을 지배하는 대사작용(代謝作用) 등이 주요한 의미를 지니고 있다.

## 2. 살충제의 작용점

과거의 살충제로서 기계유유제(機械油乳劑)는 곤충체의 표피와 숨구멍을 덮어 질식사(窒息死)시키는 물리적 치사작용을 일으키는 것도 있었으나 근래에 사용되는 대부분의 살충제는 곤충의 생명 유지에 기본적인 역할을 하는 신경계(神經系)나 에너지 생성계의 촉매인 효소(酵素)에 작용하는 것들이다. 특히 살충제가 작용하는 작용기구(作用機構)로서 곤충 신경계의 이상 자극(異常刺戟), 흥분(興奮)이나 억제제는 '곤충을 급속히 죽게 하기 때문에 곤충의 신경계는 살충제가 독작용을 일으키는데 가장 적절한 작용점이라 하겠다.

키친질은 곤충 표피를 형성하는데

주요한 성분인바 최근에는 키친질 생합성을 저해(沮害)하거나 애벌레의 호르몬(幼若호르몬)의 생합성을 저해하는등 곤충 특유의 기능에 작용하는 살충제와 교미교란(交尾攪亂)을 유도하는 性페르몬을 개발하여 해충 방제에 실용화하고 있다.

## 3. 신경구조와 자극전달

뉴우론(neuron)은 신경 세포의 본체(本體)인 세포체(細胞體=cell body), 축삭(軸索=axon) 및 수상돌기(樹狀突起=dentrite)로 구성되어 있다. 뉴우론은 신경계를 구성하는 최소단위이다. 세포체(細胞體)로부터 길게 뻗어 나온 축삭말단(軸索末端)과 다른 뉴우론의 수상돌기가 연결되는데, 이 연결 부위를 시냅스(synapse)라 하며 뉴우론과 뉴우론의 이행부(移行部)를 의미한다.

신경계에서 일어나는 자극은 축삭을 거쳐 그 말단인 시냅스 전막(pre-synaptic membrane)에 까지 전달되며 그 즉시 시냅스의 틈 사이인 소포체(小胞體=synaptic vesicle)에서 분비(分泌)되는 화학전달 물질인 아세틸콜린(ACH)이 확산(擴散)되어 뉴우론의 세포체 또는 수상돌기를 탈분극(脫分極)시켜 흥분이 다음 뉴우론의 전달부인 시냅스 후막(post-synaptic membrane)에 있는 수용

체(受容體=acceptor)에 결합되고 그 뉴우론을 자극시키게 된다. 이와같은 방법으로 한 뉴우론에서 다음 뉴우론으로 계속 신경자극을 전달하게 된다.

시냅스 소포체(小胞體)에서 분비된 아세틸콜린은 시냅스 전막에서 후막으로 자극을 전달하는데 이 임무를 끝낸 즉시 아세틸콜린은 더이상 필요치 않으며, 이를 가수분해(加水分解)하는 효소인 아세틸콜린에스테라제(ACHE)는 시냅스 후막에서 생산된다. 이 아세틸콜린에스테라제는 두가지의 활성작용을 하는데 하나는 음이온과 에스테르(ester)의 분해 부위를 가지고 있고 또 다른 하나는 아세틸콜린을 가수분해 하는 역할을 한다.

따라서 신경 자극 전달이 끝난 아세틸콜린이 시냅스 후막의 수용체에 결합되어 누적되면 과격한 흥분과 경련(痙攣)을 일으켜 역효과(逆效果)를 가져오기 때문에 아세틸콜린에스테라제의 효소에 의하여 아세틸콜린은 콜린(choline)과 초산(醋酸)으로 가수분해되어 곧 시냅스 소포체에서 다시 아세틸콜린으로 바뀌어 저장된다.

#### 4. 신경 기능의 저해

살충제는 화학적 계열(系列)에 따

라서 곤충의 신경 기능을 저해하는 부위가 다르다. 살충제 종류에 따라 화학적 유효성분(有效成分)이 다르고, 해충에 대한 작용기구도 각각 다르기 때문에 화학적 계열이 서로 다른 각 살충제의 작용기구를 구명하고 이해한다는 것은 그 약제를 가장 유효하고 합리적으로 사용할 수 있을 뿐만 아니라 살충제 개발(開發)을 위한 좋은 방안이 될 것이다. 따라서 곤충의 저해 부위에 따른 살충제 계열별 작용기구를 요약하여 보면 다음과 같다.

##### 1) 축색에서의 살충제 저해작용

DDT와 피레스로이드계 살충제는 축색에서의 신경자극 전달을 저해(阻害)하며  $\text{Na}^+$  이온이 신경막(神經膜)을 통과할 때 통로문(gate)의 개폐(開閉) 역할을 하는 효소 에이티파제(ATPase)를 저해하는 것으로 알려져 있다.

##### 2) 시냅스 전막에서의 살충제 저해작용

r-BHC와 환 dieng 살충제(drin제)는 아세틸콜린에스테라제의 저해작용을 직접하지 않고 시냅스 전막(前膜)에 있는 시냅스 소포체를 자극하면서 신경전달 화학물질인 아세틸콜린의 분비를 촉진하여 신경조직에 축적시키므로서 이상흥분을 계속

일으키게 하여 해충을 죽게 한다.

이 약제들은 곤충의 피부로 비교적 빠르게 침투하여 중추신경 표면에 부착, 이상신경 기능 작용을 일으키는데 그 증상은 잠복기를 거쳐 거동변조, 과민증, 심한 경련에 이어 마비(痲痺)순으로 진행되어 죽게 한다.

### 3) 시냅스 후막에서의 살충제 저해작용

니코틴과 카타프(nercistoxin)는 시냅스 후막에서 신경 화학전달 물질인 아세틸콜린과 결합하여 아세틸콜린 대신 수용체(受容體)에 강하게 결합되어 아세틸콜린과 같은 양상으로 세포막의 투과성(透過性)을 변화 시켜 이곳을 과잉 자극하여 이상흥분 시키고 아세틸콜린의 수용체 결합을 방해하여 신경자극 전달을 억제하거나 차단(遮斷) 하는 작용을 한다.

특히 카타프는 시냅스 후막의 이온 투과성을 변화시키는 것이 아니라 정지상태로 아세틸콜린 수용체의 기능을 저해하는 길항적 차단제로 작용한다. 그 결과 아세틸콜린이 시냅스 후막에 누적되어 수용체가 지나치게 자극을 받아 신경의 이상흥분을 일으킨다.

독성물질인 네레이스톡신(nercistoxin)은 갯지렁이에서 추출(抽出)된 화학물질로 살충력이 있음이 확인되

어 그 유사체(類似體) 화합물로 합성한 것이 cartap(파단)이다. 이는 곤충체 내에서 일차 대사되어 네레이스톡신으로 바뀌어 독작용을 하게 되는데 유기인계나 카바메이트계와는 달리 일종의 허탈상태를 거쳐 긴장 허탈을 동반한 마비가 오게 되며 처리약량이 적으면 다시 회복(回復)되지만 약량이 많으면 죽게된다.

### 4) 아세틸콜린에스테라제의 저해

살충제의 주종인 유기인계와 카바메이트계가 신경화학전달물질인 아세틸콜린을 분해하는 효소인 아세틸콜린에스테라제의 활성작용(活性作用)을 저해하게 되면 아세틸콜린은 시냅스에 축적되어 신경전달 기능에 이상을 일으키게 되고 경련과 마비로 연결되어 곤충을 죽게 한다.

즉, 유기인계와 카바메이트계 화합물은 주로 아세틸콜린 에스테라제의 활성부위에 작용하여 아세틸콜린의 분해 작용을 저해한다. 이러한 저해제의 활성작용하에서 효소 저해제의 복합체(複合體)를 형성하여 에스테르 부위를 인산화 하거나 카바밀(carbamyl)화 한다. 일반적으로 카바메이트계는 유기인계보다 복합체를 형성하기가 쉽지만 에스테르 분해부위의 반응은 유기인계 쪽이 강하다.

유기인계의 thiono형(P=S)은 phosphate 형에 비하여 아세틸콜린에스

테라제의 저해작용이 매우 약하기 때문에 thiono 형은 곤충체 내에서 phosphate 형으로 바뀌어 작용하는 것으로 이해된다.

곤충생체 내에 침투한 살충제는 각종 효소에 의하여 산화(酸化), 환원(還元), 가수 분해(加水分解), 포합(抱合) 등의 양상으로 대사 분해를 한다. 그러나 살충제 중에는 이러한 대사과정에서 해독과는 반대로 독성(毒性)이 현저히 증가하는 경우가 있는데 이러한 변화를 활성화(活性化)라 하며 살충제에서는 酸化에 의한 것이 대부분이다.

예를들면, parathion 과 같은 thiono 형 유기인계 살충제는 곤충체 내에서 산화되어 phosphate형인 paraoxon 으로 변하여 아세틸콜린에스테라제의 저해도를 수천 내지 수만배로 상승시킨다. malathion 과 같은 dithio 형도 같은 변화를 일으켜 malaaxon 으로 활성화되어 독성이 강해진다. ek-athion (thioton) 과 같은 thioester 구조(-S)를 가진 화합물도 자주 활성화 된다. 침투성(浸透性) 살충제인 ethyl thiometon 은 식물체 내에서 thioether 결합이 산화되어 급속하게 sulfoxide (SO) 로 변화하여 천천히 sulfone (SO<sub>2</sub>) 으로 변화한다. 또한 phosphate 형의 변화도 병행(並行)하여 일어난다. 이러한 대사들은 ethyl meton 보다는 아세틸콜린 에스테라

제를 저해하는 힘이 강하고 활성체(活性體)로서 비교적 안정되어 광범위하게 식물체에 침투 이행(移行)하여 해충방제에 충분한 양을 상당기간 보존(保存) 가능케 한다.

## 5. 키틴질 생합성 저해작용

### 1) 곤충표피의 구성

곤충의 체벽(體壁)인 피부는 외골격(外骨格)이라 칭하는데, 척추동물의 피부와는 달리 체형유지(體形維持), 근육지지(筋肉支持), 견직성(堅直性) 등 구조기능 및 화학적 조성이 여러가지 점에서 다르다. 곤충은 점진적(漸進的) 성장을 위하여 탈피(脫皮)를 하는데, 표피의 생합성 과정은 생리 기능상 매우 중요하다. 곤충의 피부는 표피(表皮), 진피(真皮), 기저막(基底膜) 등으로 구성되는데, 표피는 외표피와 원표피로 나누어져 있다. 외표피는 얇은층으로 외면에 시멘트층과 밀납층이 있고 다음에 폴리페놀(polyphenol)층과 큐티쿨린(cuticulin) 층이 있으며 이들은蛋白質性 외피층으로 키틴질은 거의 함유되지 않는 반면, 원표피는 비교적 두껍고 그 건조량(乾燥量)의 60% 가량이 키틴질로 구성되어 있다.

이와같이 곤충표피는 여러 층으로 되어 있는데 유충은 연하고 무색인

데 반하여 성충은 딱딱한 암색이다. 그러나 성충도 형성초기(形成初期)의 표피는 연하고 무색이지만 시간이 경과함에 따라 아미노산의 일종인 티로신(tyrosine)에서 유래(由來)된 폴리페놀(polyphenol)이 산화되어 생성된 퀴논(quinone)이 표피 단백질과 결합하여 착색 경화(硬化)된 외원표피와 무색의 내원표피로 나누어진다. 따라서 곤충의 표피중에서 전자는 주로 경화된 단백질로 되어 있는데 반하여 후자는 섬유상의 골조(骨組)인 키틴질과 단백질의 복합체(複合體)로 구성되어 있다.

## 2) 살충제의 키틴질 생합성 저해

키틴질은 척추동물에는 존재하지 않으며 곤충표피의 주요 구성분으로 요소 유도체(尿素誘導體: 일명 탈피 저해제)인 살충제로 이 키틴질 생합성을 저해시켜 곤충을 죽게 한다.

키틴질 화학물질의 생성과정과 저

글루코스



글루코스 - 6 - 인산



글루코스아민 - 6 - 인산



N - 아세틸 글루코스아민 - 1 - 인산



UDP - N - 아세틸 글루코스아민



← 요소유도체 저해제(탈피저해제) 작용

Poly - N - 아세틸 글루코스아민 (=키틴질)  
(키틴질생합성 저해로 정상표피 형성불가)

해제의 작용점(作用點)을 요약하면 다음과 같다.

곤충의 원표피는 N-아세틸 글루코스아민(키틴질)의 중합체(重合體)로서 키틴질을 다량 함유하고 있기 때문에 곤충 탈피저해제(예: buprof-ezin, diflubenzuron 등)의 작용기구는 신경 기능 저해제와는 달리 이 약제가 입을 통하여거나 기문을 통하여 체내에 들어 갔을때 곤충의 표피 형성(表皮形成)이 제대로 되지 않아 정상적 탈피(脫皮)를 하지 못한다. 이때 경화백질로 된 외표피 형성에는 영향을 주지 않고 내원표피 층의 키틴질 형성을 억제하기 때문에, 일명 곤충 생장조절제(生長調節劑)라고도 한다. 그러나 탈피 저해제의 구체적인 작용 기구는 구명되지 않았으나 UDP - N - 아세틸 글루코스아민의 중합을 억제(抑制)하는, 즉 원표피의 주성분인 키틴질생합성 효소를 저해하는 것으로 알려져 있다. 이와같은 키틴질생합성 저해제 중에서도 약효를 서서히 나타내는 지효성인 것과 빨리 나타내는 속효성인 살충제로 개발되고 있다. <다음호에 계속>