



## 제6강

# 농약

부산가톨릭대학교 김기연 교수

## 농축산환경학

방송통신대학교 고한종 교수  
연암대학교 송준익 교수  
경남과학기술대학교 김두환 교수

충남대학교 안희권 교수  
강원대학교 박규현 교수  
부산가톨릭대학교 김기연 교수



# 학습목차

## 제6강

# 농약

### 1 농약의 역사

### 2 농약 분류에 따른 건강영향

### 3 농약의 유익성 및 유해성

### 4 농약 노출 평가 사례

부산가톨릭대학교  
김기연 교수

## 1) 개요

---

- ▶ 원예 분야에서 재배기술이 도입될 때 해충 방제 기술도 동시 도입
  - 청산훈증, 비산납 등의 무기화합물 살충제, 또는 황산 니코틴, 피레쓰린 등 천연 약제가 농약의 역할 담당
  
- ▶ 쌀의 생산 및 벼 해충에 대한 구제법은 명확히 제시되지 않음
  - 벼 해충은 멸구와 곤충 종류가 주를 이룸
  - 구제를 위해 고래기름을 논에 뿌려 멸구 등의 곤충을 두들겨서 떨어뜨리는 방제 방법에서 석유를 이용하는 방법으로 전환
  - 천적에 의한 방법과 청색형광 나방유고 등의 기술 개발 실시
  - 하지만 **만족할 만한 방제 효과는 얻지 못함**

## 1) 개요

---

### ▶ DDT(dichlorodiphenyl trichloroethane)의 등장

- ▶ 제 2차 세계대전 때 연합군이 사용한 강력한 살충제
- ▶ 개발도상국에서 풍토병과 말라리아 등을 매개로하는 하마다라 모기(anophelini) 등 위생해충의 소멸에 크게 공헌
- ▶ 추후 유기염소계 농약 개발의 시발이 됨
- ▶ DDT의 발명자인 뮐러(스위스)는 노벨 생리학 의학상 수상

### ▶ BHC(benzene hexachloride)의 개발

- ▶ DDT에 이어 영국에서 발명되어 농약으로 해충 구제 및 식량 증산에 폭넓게 활용

## 1) 개요

---

### ▶ DDT와 BHC 등의 유기염소계 농약

- ▶ 석유화학공업과 소다공업에서 과잉염소를 이용한 산물
- ▶ 가격 저렴, 강한 살충 효과, 다종의 해충 구제에 유효
- ▶ 낮은 급성 독성 & 높은 잔류 효과
- ▶ 1950~60년대에 걸쳐 살충제의 주역으로서 식량 증산에 큰 기여
- ▶ 벼 뿐만 아니라 농작물, 과수, 목초 등에 많이 이용

### ▶ 1949년도에 유기인계 농약인 파라티온(parathion) 발명

- ▶ DDT와 BHC 등의 유기염소계 농약처럼 강력한 살충력을 나타냄
- ▶ 하지만 상대적으로 급성 독성이 강해 이후 제조 판매가 중지됨

## 2) DDT (dichlorodiphenyl trichloroethane)

---

### ▶ 성상

- ▶ 유기염소계 화합물
- ▶ 화학물질로 존재할 경우 대기 중에서는 안전
- ▶ 동물 및 어류의 체내에서는 DDE로 대사되며 지방층에 축적
- ▶ 토양 및 수중에서는 미생물에 의해 주로 DDD로 분해

### ▶ 독성

- ▶ 다른 유기염소계 농약과 비교하여 비교적 독성이 적음
- ▶ 하지만 과다 노출시 신경 독성 유발 및 만성적 측면에서는 호르몬 균형 파괴
- ▶ 현재는 신경 계통 세포에 영향을 주고 발암성이 확인되어 제조 및 사용 금지

### 3) BHC (benzene hexachloride)

---

#### ▶ 성상

- ▶ 다양한 이성질체를 갖는 유기염소계 화합물
  - 이성질체 유형 :  $\alpha$  ,  $\beta$  ,  $\gamma$  ,  $\delta$
  - 살충 효과가 가장 높은 것은  $\alpha$ -BHC, 가장 낮은 것은  $\beta$ -BHC
- ▶  $\alpha$ -BHC : 용출되기 쉬우며 증기압도 비교적 높아 대기 중 확산이 쉬움
- ▶  $\beta$ -BHC : 만성 독성이 가장 강하고 대사되기도 어려움  
(체내 잔류 기간 : 14주)

#### ▶ 독성

- ▶ 급성 증상 : 심한 두통, 어지러움, 경련, 기관지계 자극 증상 유발
- ▶  $\gamma$ -BHC : 혈액 질환의 원인 (재생불량성 빈혈)
- ▶ 난분해성, 높은 잔류성, 만성 중독의 위험성으로 현재 제조 및 사용 금지



## 학습목차

- 1 농약의 역사
- 2 농약 분류에 따른 건강영향
- 3 농약의 유익성 및 유해성
- 4 농약 노출 평가 사례

## 제6강

# 농약

부산가톨릭대학교  
김기연 교수



# 1) 개요

## ▶ 사용 목적에 따른 분류

- ▶ 살충제(insecticide), 살균제(fungicide), 제초제(herbicide)
- ▶ 살서제(rodenticide), 훈증제(fumigant)

## ▶ 농약의 종류 및 작용

농약의 종류	작용
유기인제(Organophosphates)	Cholinesterase activaity inhibition
카바메이트제(Carbamates)	Cholinesterase activaity inhibition
유기염소제(Organochlorines)	중추신경 자극
항응고제(Anticoagulats)	혈액응고 지연
니트로 - 및 크롤로페놀류 (Nitro - & Chlorophenols)	대사작용 촉진
비피리딜류(Bipyridyls)	증식 변화

## 2) 노출관련 요인

▶ 노출 경로와 살포 방법이 가장 중요한 요인

▶ 주요 살포 방법



과수, 손 살포



고추 손 살포



과수, 기계 살포

### 3) 살충제\_유기인제

---

#### ▶ 기전

- ▶ cholinestrase를 억제하여 acetylcholine이 분해되지 않아 농도 상승
- ▶ 지속적으로 과도한 근육 수축 유발

#### ▶ 진단 기준

- ▶ 자극적 냄새가 특징
- ▶ 급성 중독의 증상
  - 축동(miosis), 배뇨(urination), 설사(diarrhea), 배분(defecation), 발한(diaphoresis), 눈물(lacrimation), 흥분(excitation), 타액 분비(salivation)

## 4) 살충제\_유기염소제

---

### ▶ 개요

- ▶ DDT가 대표적
- ▶ 생태계 잔류 효과(5~30년), 발암성이 알려지면서 사용 제한

### ▶ 기전 및 증상

- ▶  $K^+$  이온의 투과력에 영향을 주고 ATPase를 억제
- ▶ 중추 신경계 자극
  - 전신적인 신경계의 흥분 상태 및 기능 장애의 증상 유발  
: 불안감, 흥분, 현기증, 두통, 정신 착란,  
균형 상실, 무력감, 지각 이상, 근육 경련,  
진전, 전신 경련 및 혼수 상태 등

## 5) 살충제\_기타 살충제

---

### ▶ 카바마이트계(carbamate)

- ▶ 유기인계와 작용기전이 유사
- ▶ 독성이 일시적이고 중추 신경계를 통과 못함
- ▶ 2-PAM 사용 안함

### ▶ 피레쓰린계(pyrethrin)

- ▶ 포유류에 가장 안전
- ▶ 사람에게 노출시 나타나는 반응은 독성이라기 보다는 알레르기성, 접촉성 피부염이 가장 흔함

### 6) 제초제

---

#### ▶ Dipyridyl derivatives (Paraquat Gramoxon)

- ▶ 흡입, 피부 접촉 및 경구를 통해 흡수
- ▶ 유리 산소가 발생하여 조직을 손상
- ▶ 진단 기준
  - 임상 증상과 함께 특징적인 냄새 및 손이나 옷에 묻은 푸른색 약물
  - 경증이라도 3일~14일이 지난 후 폐섬유화증으로 결국 사망

## 6) 제초제

---

### ▶ 폐녹시계 제초제

- 2,4-D와 2,4,5-T : 식물의 성장 호르몬을 억제하여 고사시킴
- Agent orange : 2,4-D와 2,4,5-T를 동량 혼합한 것
  - 불순물로 첨가된 다이옥신(2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin)이 kg당 30mg 혼합되어 있음
  - cf) 다이옥신의 노출경로 : 쓰레기 소각장, 디젤자동차, 다이옥신에 오염된 고기류
- 건강 영향
  - 기형 유발성과 발암성
  - 피부와 점막 자극, 소화기 자극 증상 및 혈압 상승, 경련, 혼수상태 유발
  - 하지의 감각 변화, 중추 및 말초신경계 장애, 면역 장애



## 학습목차

- 1 농약의 역사
- 2 농약 분류에 따른 건강영향
- 3 농약의 유익성 및 유해성
- 4 농약 노출 평가 사례

## 제6강

# 농약

부산가톨릭대학교  
김기연 교수



## 1) 농약 사용의 유익성

---

### ▶ 질병의 퇴치

- ▶ 제 2차 세계대전 중 발진푸스(typhus)를 매개하는 벼룩과 이를 제어하기 위하여 군인 및 피난민들에게 직접적으로 DDT를 살포
- ▶ 세계보건기구(WHO)에서는 해충 매체에 의한 질병 퇴치를 위해 DDT 및 이와 관련한 제 2세대 살생물질들을 사용하여 왔음
  - 말라리아의 매개체인 모기
  - 선페스트의 매체인 쥐벼룩
  - 수면병을 매개하는 쯔쯔파리(tsetse fly)
  - 샤가스 병(Chaga's disease)을 매개하는 kissing bug 등

## 1) 농약 사용의 유익성

---

### ▶ 식량의 증산

- ▶ 전 세계 식량 생산량의 45%가 해충에 의한 질병으로 손실됨
- ▶ 미국의 경우 살생물질의 살포에 소요되는 비용 30억 달러를 투자하여 110억 달러어치의 수확량 증산을 가져오는 것으로 조사됨
- ▶ 미국 농무성 보고
  - 광범위한 살생물질들의 살포가 없다면 농산물 가격이 30~50% 가량 상승될 것으로 추산

## 2) 농약 사용의 유해성

---

### ▶ 유전적 내성의 증가

- ▶ 농약의 과다 사용은 자연선택에 의한 내성을 갖는 품종이 우점종 형성
  - 이들을 제어하려면 더 많은 양의 살충제를 살포해야 하는 악순환 지속

### ▶ 천적의 제거 및 새로운 해충의 발현

- ▶ 다른 목표 생물을 죽이기 위해 살포된 살충제에 의해 천적의 숫자가 크게 제한됨
  - 역으로 크게 번창하여 결국 인간에게 새로운 해충으로 등장

## 2) 농약 사용의 유해성

---

### ▶ 잔류성 농약의 이동 및 생물 증폭

- ▶ 쉽게 분해되지 않고 잔류성이 강하며 고독성인 살충제의 과다 사용은 생태계내의 여러 순환과정을 거치면서 환경 오염을 야기
  - 먹이 사슬을 통해 인간을 포함한 고등 동물의 체내에 고농도로 축적 (생물 증폭, biological amplification)되는 문제 유발

### ▶ 인체 건강에 대한 위해성

- ▶ 여러 형태의 농약 물질들은 궁극적으로 인간에게 노출되어 다양한 유형의 급성 또는 만성 중독을 유발
  - 장기 손상, 신경계 이상, 기형 유발, 발암성 등

### 3) 농약 물질의 대안

#### ▶ 경작 순서의 변경

- ▶ 매년 같은 장소에 같은 작물을 경작하면 그 농작물을 목표로 하는 해충이 상존

- 이를 막기 위해 적당한 간격을 두고 새로운 작물로 대체하는 경작 필요

#### ▶ 목표 생물에 대한 생물학적 제어

- ▶ 농작물에 해를 끼치는 해충에 대한 천적이나 해충에 대한 병원균을 육성, 방출함으로써 목표 해충을 제어

- “미생물 농약(microbial pesticide)”의 활용

#### ▶ 불임에 의한 유전적 제어

- ▶ 목표 해충의 수컷을 유전적 조작으로 불임시켜 자연계에 대량 방출

- 해충 암컷은 불임 수컷을 만날 확률이 높아져 결국 자손 숫자 감소 유도

### 3) 농약 물질의 대안

---

#### ▶ 내성 농작물의 육종

- ▶ 목표 생물(해충, 병원성 세균, 곰팡이 등)에 내성을 갖는 농작물 육종 필요

#### ▶ 천연 호르몬이나 성 유인제를 이용한 화학적 제어

- ▶ 짝짓기시 배출하는 호르몬이나 성 유인제(페로몬)를 자연계에 대량 살포
  - 해충 수컷들을 일정한 장소로 유도하여 제어망 등을 이용해 제거
  - 천적이 많은 곳에 살포하여 천적에게 피식되게 하는 방식으로 제어

#### ▶ 수확된 종자에 대한 방사선 조사 멸균

- ▶ 사용할 종자에 붙어 있는 해충, 병원균, 곰팡이 등을 제거하기 위해 살생물질 대신 방사선을 조사하여 사멸 유도
  - 수확된 농작물의 보관, 수송, 판매 과정에서도 적용 가능



## 학습목차

- 1 농약의 역사
- 2 농약 분류에 따른 건강영향
- 3 농약의 유익성 및 유해성
- 4 농약 노출 평가 사례

## 제6강

# 농약

부산가톨릭대학교  
김기연 교수

## 1) 국내 디아지논 노출평가



사용형태 : 입제



사용형태 : 방역제



사용형태 : 방역제



사용형태 : 분무용



\* 피부 세척시료 계산 :  $C = (Wc / \text{피부면적}) \times (100 / We)$



# 1) 국내 디아지논 노출평가

## ▶ 농약 살포 (농작업)



경운기 운반작업



농약희석



농약살포



농약 살포 보조

# 1) 국내 디아지논 노출평가

## ▶ 농약 살포 (방역 작업)



유제 살충제 희석



입제 살충제 살포



입제 살충제 살포



입제 살충제 살포



유제 살충제 희석

# 1) 국내 디아지논 노출평가

## ▶ 농약 살포 (조경 작업)



농약희석



살포작업



살포 보조작업



살포보조작업

# 1) 국내 디아지논 노출평가

## ▶ 피부 노출평가 결과

측정대상	농민	농약 제조공장	방역업체	조경업체	농약 판매소
피부노출량 ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )	0.1111	0.000166	0.000299	0.002217	0.00028



**다음시간**  
**제7강**

**가축분뇨**  
**관리 및 이용**

