

## 올바르게 알아야 안전하게 사용할 수 있다.

### 농약은 어떻게 분류하나

농약은 그 종류도 다양하나 그 분류방법도 다양하다. 즉 농약의 분류는 사용목적에 따라서 분류하는 방법, 사용특성에 따른 분류, 화학적조성에 따른 분류, 제제형태에 따른 분류, 사용시기에 따른 분류등 여러가지 분류방법이 있으나 실제로는 사용목적에 따른 분류방법이 가장 많이 사용되고 화학적 조성에 따른 분류 및 제제형태에 따른 분류방법이 주로 사용되고 있다.

#### 1. 사용목적 및 작용특성에 따른 분류

- 가. 살균제(Fungicide)
  - (1) 보호살균제(Protectant) : 병균포자가 발아하여 식물체내 침투하는 것을 방지하기 위하여 사용하는 약제를 말한다(석회보르도液).
  - (2) 직접살균제(Eradicant) : 병원균의 침투를 막는것은 물론 침입한 병원균을 살멸시키는 작용

을 하는 약제를 말한다 (가스가 민등 항생물질 후치왕등).

(3) 기타 : 종자소독제, 과실방부제 등으로 분류한다.

#### 나. 살충제(Insecticide)

(1) 식독제(소화중독제, Stomach poison) : 해충의 먹이가 되는 식물의 경엽에 농약을 살포하여 해충의 먹이와 함께 농약이 소화기관내로 흡수되어 독작용을 나타내는 약제를 말한다(대부분의 유기인계농약).

(2) 접촉독제(Contact poison) : 약제를 해충의 피부에 접촉시켜 체내로 침투 흡수되어 독작용을 나타내는 약제를 말하는 것으로 직접 해충체에 약제가 묻었을 때에만 살충효과를 기대할수 있는 직접 접촉제(제충국제, 기계유유제등)과 해충체에 약제가 직접 묻었을 때에는 물론이고 약제가 살포된 장소에 해충이 접촉되어도 살충력을 나타내는 잔효성 접촉제(대부분의 살충제)로 구분한다.

(3) 침투성 살충제(Systemic insecticide) : 약제를 식물의 경

엽 또는 뿌리에 처리하여 식물체 내에 흡수이행되어 식물체 각부분에 분포시키므로 흡즙해충등을 살멸시키는 약제를 말한다. (metasystox, dimethoate 等).

(4) 훈증제 (Fumigant) : 유효성분을 가스상태로 만들어 해충을 방제하는 약제 (methylbromide, aluminium phosphide 等).

(5) 훈연제 (Smoking agent) : 유효성분을 연소제와 함께 태워 유효성분을 연기상태로 만들어 해충방제에 사용하는 약제로 우리나라에서는 현재 농업용으로 사용하는 것은 없고 실내 위생해충방제용으로 사용하는 것이 있다.

(6) 유인제 (Attractant) : 해충을 유인하는 약제를 말하는 것으로 유인된 해충을 한꺼번에 포살하기 위하여 사용된다 (성황르몬).

(7) 기피제 (Repellent) : 농작물 또는 저장 농산물에 해충이 근접하지 못하게 하는 약제이다.

(8) 점착제 (Sticker) : 수목의 수간에 도포하여 해충의 월동전 이동을 방지하는 약제를 말한다.

(9) 생물농약 (Biotic pesticide) : 해충의 천적 (병원균, virus, 기생봉)을 이용하여 해충을 방제하는 약제를 말한다.

(10) 불임제 (Chemosterilant) : 해충을 불임화시켜 자손의 번식을 못하게 하므로써 해충의 종을 없애는 약제이다 (Tepa, Hempa).

다. 살비제 (Acaricide)

라. 살선충제 (Nematocide)

마. 제초제 (Herbicide, Weed killer)

농작물의 생육을 저해하는 잡초를 구제하는데 사용하는 약제를 말하는 것으로 살초기능에 따라 선택성인 것과 비선택성인 것으로 구분되며 사용시기에 따라 토양처리제와 생육기 처리제로 구분한다.

바. 식물생장조정제 (Plant growth regulator)

식물의 성장을 촉진 또는 억제하거나 개화촉진, 착색촉진, 낙과방지 또는 촉진 등 식물의 생육을 조정하기 위하여 사용되는 약제를 말한다.

사. 살균, 살충제 (Fungi-insecticide)

병해충을 동시에 방제하기 위하여 사용하는 약제로서 단일성분으로 살균, 살충효과를 발휘하는 것과 살균제와 살충제의 양성분을 혼합하여 만든 혼합제 농약이 이에 속한다.

아. 보조제 (Supplement agent, Adjuvant)

살균제, 살충제, 제초제 등의 농약 주제의 효력을 증진시키기 위하여 사용되는 약제를 말한다

(1) 전착제(Spreader) : 농약제를, 병해충이나 식물체에 잘 전착시키기 위하여 사용하는 약제로서 전착제와 트라이톤이 있다.

(2) 증량제(Diluent, Carrier) : 입제, 분제, 수화제 등 고체농약의 제제시에 주성분의 농도를 낮추고 체적을 증대시켜 농약 주성분을 목적물에 균일하게 살포하여 병해충을 효율적으로 방제하기 위하여 쓰이는 재료로 주로 활석(Talc), 카오린(Kaoline), 벤토나이트(Bentonite), 규조토 등의 광물질이 사용되며, 유제나 수화제 등을 살포액 제조시 사용하는 물도 일종의 증량제라고 말할 수 있으나 일반적으로 전자를 증량제라고 한다.

(3) 용제(Solvent) : 유제나 액제와 같이 액상농약을 제조할때 주제(원제)를 녹이기 위하여 사용하는 물질을 말하는 것으로 주로 자이렌(Xylene), 벤젠(Benzene) 등을 사용하나 주제의 특성에 따라 각종 유기용제를 사용한다. 액제의 경우는 물이나 메타놀(Methanol)을 사용한다.

(4) 유화제(Emulsifier) : 유제

의 유화성을 좋게하기 위하여 사용하는 약제로서 계면활성제를 사용한다.

(5) 협력제(Synergist) : 유효성분의 효력을 증진시키기 위하여 사용하는 약제로서 효력증진제라고도 한다. 협력제로 사용되는 것은 피페로닐 부톡사이드(Piperonyl butoxide) 등이 있다.

## 2. 주성분조성에 따른 분류

병해충 및 잡초를 방제하는데 사용되는 농약의 화학적 활성구조의 종류에 따라서 분류하는 방법이다. 사용하고 있는 농약 특히 유기합성 농약인 경우에 그 구조가 복잡하고 각종 원자 또는 원자단으로 구성되어 있으나 그 구조중에 직접 살균, 살충 및 제초작용에 관여하는 원자 또는 원자단이 무엇이나에 따라서 분류한다.

### 가. 유기인계농약(Organophosphorus pesticide)

현재 사용하고 있는 농약중 가장 많은 종류가 있으며 유기인계농약의 구조는 인(P)을 중심으로 각종 원자 또는 원자단으로 구성되어 있다. 또한 유기인계농약은 결합된 산소(O) 및 유황(S)의 위치 및 수에 따라 다음 표와 같이 분류한다.

〈表〉有機燐系 農藥의 分類

| 區 分                | 構 造   | 代表的인 農藥   |
|--------------------|---|---|
| Phosphate          | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{RO} \rangle \text{P-O-X} \\ \text{RO} \end{array}$                 | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{O} \rangle \text{P-O-CH=CCl}_2 \text{ (DDVP)} \\ \text{CH}_3\text{O} \end{array}$   |
| Phosphorothioate   | $\begin{array}{c} \text{S} \\ \parallel \\ \text{RO} \rangle \text{P-O-X} \\ \text{RO} \end{array}$                 | $\begin{array}{c} \text{S} \\ \parallel \\ \text{C}_2\text{H}_5\text{O} \rangle \text{P-O-} \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle \text{NO}_2 \text{ (Parathion)} \\ \text{C}_2\text{H}_5\text{O} \end{array}$ |
| Phosphorodithioate | $\begin{array}{c} \text{S} \\ \parallel \\ \text{RO} \rangle \text{P-S-X} \\ \text{RO} \end{array}$                 | $\begin{array}{c} \text{S} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{O} \rangle \text{P-S-CHCOO}_2\text{H}_5 \\ \text{CH}_3\text{O} \quad   \\ \quad \text{CH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5 \end{array}$ (Malathion)       |
| Phosphonate        | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{RO} \rangle \text{P-O-X} \\ \text{R} \end{array}$                  | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{O} \rangle \text{P-O-CH}_2 \text{ (Dipterex)} \\ \text{CH}_3\text{CH} \\   \\ \text{OH} \end{array}$  |
| Thiophosphonate    | $\begin{array}{c} \text{S} \\ \parallel \\ \text{RO} \rangle \text{P-O-X} \\ \text{R} \end{array}$                  | $\begin{array}{c} \text{S} \\ \parallel \\ \text{C}_2\text{H}_5\text{O} \rangle \text{P-O-} \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle \text{-NO}_2 \\ \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle \end{array}$ (EPN)      |
| Phosphoroamidate   | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}_2\text{N} \rangle \text{P-X} \\ \text{R}_2\text{N} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ (\text{CH}_3)_2\text{-N} \rangle \text{P-F (Dimefox)} \\ (\text{CH}_3)_2\text{-N} \end{array}$   |

나. 카바메이트계 농약(Carbamate pesticide)

카바메이트계 농약은 카바민산(carbamic acid) 과 아민(amine) 의 반응에 의해서 얻어진 화합물질로서 그 구조는  $\begin{array}{c} \text{R}_1 \\ | \\ \text{R}_1 \rangle \text{N} - \\ \parallel \\ \text{C-O-X} \end{array}$  로서, X는 메틸기(CH<sub>3</sub>), 페닐유도체, 피라조릴기 등이고 R<sub>1</sub>은 H, R<sub>2</sub>는 CH<sub>3</sub>가 일반적이

다. 카바메이트계 농약으로서는 carbaryl, propoxur, carbofuran, BPMC 등이 있다.

다. 유기염소계 농약(Organochloride pesticide)

구조중 염소가 많이 함유된 농약을 말하는 것으로 BHC 나 drin 제 같이 환상구조를 가지는 것과 DDT 와 같은 diphenyl 구조를 가지는 것으로 크게 나눌수 있다.

라. 유기유황계 농약(Organosulfur pesticide)

일명 유기질소유황제농약이라 부르며 dithiocarbamate 기( $\text{N}-$

$\text{C}=\text{S}-$ )를 가지는 화합물로서 dialkylamine 계 화합물과 alkylenediamine 계 화합물로 나누어진다.

〈表 3〉有機硫黃系 農藥의 分類

| 區 分             | 構 造   | 代 表 的 인 農 藥  |
|-----------------|---|--|
| Dialkylamine    | $\begin{array}{c} \text{S} \\ \parallel \\ \text{R} > \text{N}-\text{C}-\text{S}- \\ \text{R} \end{array}$  | $\begin{array}{c} \text{S} \quad \quad \text{S} \\ \parallel \quad \quad \parallel \\ \text{CH}_3 > \text{N}-\text{C}-\text{S}-\text{S}-\text{C}-\text{N} < \text{CH}_3 \\ \text{CH}_3 \quad \quad \quad \text{CH}_3 \end{array} \text{ (TMTD)}$ |
| Alkylenediamine | $\begin{array}{c} \text{S} \\ \parallel \\ \text{CH}_2-\text{NH}-\text{C}-\text{S}- \\ \text{CH}_2-\text{NH}-\text{C}-\text{S}- \\ \parallel \\ \text{S} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{S} \\ \parallel \\ \text{CH}_2-\text{NH}-\text{C}-\text{S}- \\ \text{CH}_2-\text{NH}-\text{C}-\text{S}- \\ \parallel \\ \text{S} \end{array} > \text{Zn (Zineb)}$  |

마. 유기비소계 농약

일반구조는  $\text{R}-\text{As}-\text{X}_2$ 로서 R는 aromatic 또는 aliphatic radical 이며 X는 Cl, S, O 등으로 되어 있다. 우리나라에서는 현재 네

오아소진 만이 사용되고 있다.

바. 식물성농약(Botanical pesticide)

식물구성물질중 살균, 살충성분을 농약으로 이용한 것으로



제충국중 pyrethrin, 담배 중 nicotine 등이 있다.

사. 기타

그외 유기불소계, Triazine계, Phenoxy계, Urea계 등이 주로 제초제로 사용되는 것이 있으며, 동 및 유황등의 무기화합물도 농약으로 사용되고 있다.

### 3. 농약형태에 따른 분류

농약의 제제형태에 따라 분류하는 방법으로서 우리나라에서는 주로 유제, 액제, 수화제, 수용제, 액상수화제, 분제, 입제 등이 있으며 그외 혼중제, 정제 등이 있다.

농약은 그 제형에 따라서 약효, 약해 및 농약의 안전성등에 크게 영향을 주므로 농약을 개발하는 경우에 제제기술은 새로운 농약화합물을 개발하는것 못지않게 대단히 중요하다.

가. 유제

유제(Emulsifiable concentrate, EC)는 물에 녹지 않는 농약의 주제를 용제에 용해시켜 유화제로 계면활성제를 첨가하여 제조하는 것으로 수화제보다 살포액의 조제가 편리하고, 약효가 다소 증대하는 것이 일반적인 경향이다.

그러나 수화제보다 제조비가

높고 포장용기로 유리병을 사용하므로, 포장, 수송, 보관에 많은 경비가 소요되는 결점이 있다. 특히 최근에 문제점으로 제기되고 있는 것은 유제 제조용으로 사용되고 있는 용제가 인화성물질로서 화재에 특히 주의해야 한다.

현재 유제는 수도, 과수, 채소등 여러작물에 광범위하게 사용되고 있으나 특히 채소류에는 수화제에 비하여 많이 사용되고 있다.

나. 수화제, 수용제

수화제(Wettable powder, WP)와 수용제(Soluble powder, SP)는 주제의 수용성여부 및 제제시 사용되는 증량제의 종류에 따라서 구분한다.

수화제는 물에 난용성 주제를 활석(talc), 카오린(kaoline), 벤토나이트(bentonite) 등의 물에 불용성 광물질증량제와 수화제로 계면활성제를 가하여 미립자상으로 분쇄하여 제제화한 것이다. 수용제는 물에 불용성인 주제를 수용성인 유안, 설탕등을 증량제로 사용하여 제제화한 것이다.

수화제 및 수용제는 유제에 비하여 주성분 함량을 고농도로 제제화할 수 있으며 계면활성제

첨가량이 소량인점, 용제가 불필요하다는 점등으로 농약제조시 원료사용면에서 타제형에 비하여 경제적이다. 또한 계면활성제에 의하여 발생하기 쉬운 낙엽과수에 대한 약해우려가 없어 낙엽과수에 안심하고 이용할 수 있다는 이점도 있다.

그러나 이들 제형의 가장 큰 특징은 제형이 고체이므로 포장, 수송, 보관상 유제에 비하여 유리하므로 경제적이라 할수 있다. 특히 포장에서 항상 문제가 되고 있는 공병방기에 의한 안전사고를 방지할수 있다는 특징이 있다.

#### 다. 액제

주제가 수용성인 것으로 가수분해의 우려가 없는 경우에 주제를 물에 녹여 동결방지제를 가하여 제제화한 것을 액제(Liquid)라 한다.

액제는 저장중 동계에 동결에 의한 용기의 파손을 초래하는 경우가 가끔 있으므로 보관에 주의하여야 한다. 액제의 사용상 장단점은 수화제 수용제 및 유제와 같이 액상으로 살포하는 제형과 같다.

#### 라. 분제

주제를 증량제, 물리성개량제, 분해방지제등과 균일하게 혼합

분쇄하여 제조한 것을 분제(Dust, D)라 하며 입도는 250~300 mesh이다. 분제는 제품을 그대로 살포한다는 이점과 다구살포기(Pipe duster)등을 사용하여 능률적 살포가 가능하다는 특징이 있다. 따라서 수도병해충방제에 널리 사용되고 있다.

#### 마. 입제

입제(Granule, G)는 침투이행성이 있는 농약주제를 흡착, 압출 또는 피복에 의하여 입자상으로 제조한 것을 말한다. 제조방법 및 증량제의 종류에 따라 3가지로 구분한다. 즉 비석(zeolite)과 같이 다공질 증량제에 농약주제를 흡착시켜 제제하는 흡착식입제와 bentonite와 같은 점토와 농약주제를 혼합분쇄한 후 반죽하여 일정한 크기로 제립하여 만드는 습식압출식 입제와 모래나 석영사등에 농약주제를 점결제로 피복하여 만드는 피복식입제가 있다.

입제는 살포가 용이하고 입자가 크므로 분제와 같이 표류비산에 의한 환경오염의 우려는 없다. 따라서 농약을 살포하는 농민에 대하여 가장 안전성이 큰 제형이다.

그러나 입제는 처리된 농약이 작물의 뿌리로부터 흡수이행되

어 병해충 방지효과를 발휘하는 특징을 가지고 있다.

#### 바. 훈증제

훈증제(Fumigant)는 비점이 낮은 농약주제를 액상, 고상 또는 압축가스 형태로 용기내에 충전한 것으로 용기를 개열하므로써 대기중에 가스상으로 방출되어 병해충에 독작용을 하는 제형이다. 따라서 훈증제가 갖추어야 할 조건은 ① 휘발성이 커서 일정한 시간내에 살균 또는 살충시킬 수 있는 농도가 균일하게 되어야 하며 ② 비인화성이어야 하고 ③ 침투성이 커서 작은 틈에까지 약제가 도달하여야 하며 ④ 훈증목적물에 이화학적 변화를 일으켜서는 안된다.

#### 사. 정제

분제나 수화제와 같이 제제한 농약을 일정한 크기(입자의 지름이  $240 \sim 115 \mu$ )로 만든것을 정제(Tablet)라 하며 주로 저장곡물 또는 농산물의 해충 방제용으로 사용하는 것으로 실내에서 가스화되어 독작용을 발휘한다. 또한 정제를 물에 녹여 수화제나 수용제와 같이 살포하는 경우도 있으나 우리나라에서는 아직 이러한 용도의 정제는 없다.

#### 아. 기타

이상의 제형외에 농약의 주성

분을 일정한 용기내에 가압하여 두었다가 사용할 때에 평압으로 만들어 공기중에 연무상태로 분출시키는 연무제(Aerosol)와 농약을 풀과 같이 만든 도포제(Paste), 농약주제와 발열제를 혼합하여 연소시키므로 농약의 주제가 연기와 함께 배출되는 훈연제(Smoking agent) 등이 있다.

또한 최근 기존제형의 결점을 보완하기 위하여 각종 새로운 제형이 개발되고 있다. 즉 분제의 결점인 표류비산(Drift)를 경감시키기 위하여 DL 분제(Drift Less Dust), 미립제등이 개발 보급되고 있으며 수화제의 미분말에 의한 흡입중독을 방지하기 위하여 수화제를 액상수화제로 개발하여 사용하고 있으며 농약을 캡슐(Capsule)에 넣어서 안전성을 제고한 제형도 개발되고 있다.

### 물리적 성질은 어떠한가

농약을 실제포장에 사용할 때에는 여러가지 물리화학적 현상이 일어난다. 이들 현상은 실내에서나 또는 단순화된 조건에서의 경우와 달리 자연계에서는 복잡하여 2개 또는 그 이상의 현상이 상호작용하여 일어난다.



그러나 그 현상의 기본은 마찬가지로 이므로 기본적인 현상을 파악하는 것이 중요하다.

## 1. 살포액의 물리적성질

### 가. 습윤성 및 광전성

살포한 농약이 식물체나 곤충 표면을 적시는 성질을 습윤성(Wetting property)이라 하고, 식물체나 곤충체 표면에 잘 퍼지게 하는 성질을 확산성(Spreading)이라 한다. 이와같은 습윤성과 확산성은 밀접한 관계가 있는 것으로 두 성질을 합하여 습윤성이라 한다. 그러나 습윤과 확산은 개별의 것으로 생각하여야 한다. 즉 식물의 잎이 약액에 습윤되면 약액이 잎의 표면에 광전한다고 생각하면 습윤은 고체, (식물체, 곤충)를 주체로 하고 확산은 액체(약액)을 주체로 생각하는 것이다.

### 나. 부착성 및 고착성

살포한 약액이 식물체나 층체에 붙는 성질을 부착성(Adhesiveness)라 하고, 부착한 약제가 이슬비나 비에 씻겨내리지 않고 식물체표면에 붙어있는 성질을 고착성(Tenacity)라 한다. 이와같은 성질은 잔효성을 필요로 하는 보호살균제에서 특히 중요한 성질이다.

### 다. 현수성

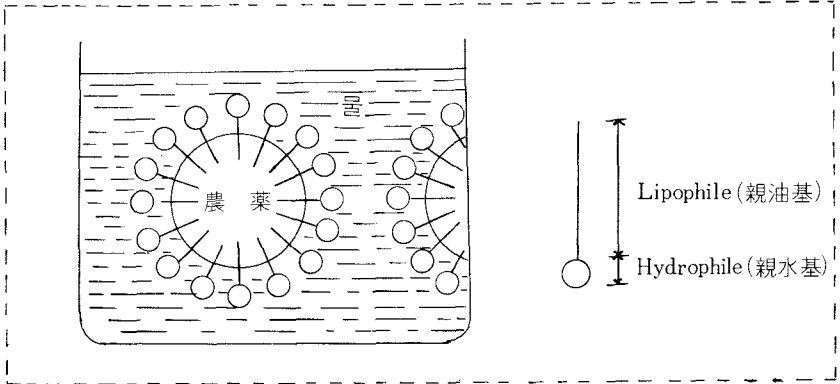
수화제를 물에다 희석하면 고체상의 미립자가 용액중에 균일하게 분산하는 성질을 현수성(Suspensibility)이라 하고, 이러한 희석액을 현탁(Suspension)이라 한다. 수화제의 현수성은 고체 입자의 크기, 모양, 비중, 전하, 분산매(대부분의 경우 물) 등에 따라서 다르나 일반적으로 입자가 작고, 분산매인 물과의 비중 차이가 적을수록 현수성은 좋다.

### 라. 유화성

수화제에 있어서의 현수성과 마찬가지로 유제를 물에 희석하였을 때 유립자가 물에 균일하게 떠있는 성질을 유화성(Emulsifying property)이라 하고 유화된 용액을 유화액(Emulsion)이라 한다.

유화성은 유화제의 종류, 사용하는 물의 질(산도, 온도등)에 따라 상이하여진다. 또한 유화성은 분산매가 되는 물과 분산질인 유분과의 계면에 유화제가 그림 2와 같이 배열되어 이들의 계면장력을 저하시켜 주브로서 유분이 서로 근접하여도 결합되지 못하고 오랫동안 물속에 균일하게 분산되는 것이다.

유화액에 있어서 유분의 입자가 크면 우유와 같이 유탁상으



〈그림 2〉 乳化劑에 의한 農藥의 물中 乳化 및 油粒間의 分離

로 보이나 유분의 입자가 작으면 콜로이드(colloid) 상으로 투명하게 되는것도 있다. 이러한 현상을 가용화(solubilization)라 하여 우리나라에서는 이를 액제로 취급하고 있다. 유화액에는 일반 농약과 같이 물속에다 유분입자를 분산시킨 O(기름)/W(물) 형과 유분중에 물입자를 분산시킨 W(물)/O(기름) 형이 있다.

#### 마. 침투성

살포된 약제가 식물체나 층체 내에 스며드는 성질을 침투성(Penetrating property)라 한다. 접촉살충제, 직접살균제, 침투성살충제에서 중요한 성질로서 일반적으로 침투성이 강한 농약은 약해가 일어나기 쉬우므로 주의하여야 한다.

