

2026년 잡초방제학 농산업실무체험

일시	강의주제	강의내용	비고
8/31 (09:00~17:00)	잡초의 분류·동정 (09:00~12:00)	1. 잡초방제학 소개 2. 잡초의 정의, 분류 및 동정	이론
	잡초 동정 (13:00~14:30)	1. 주변의 다양한 잡초 동정 2. 다양한 잡초 종자	실습
	잡초 표본 제작 준비 (13:00~17:00)	1. 동정한 잡초 중 표본용 식물 채집 2. 채집한 식물 표본 제작 준비 3. 틀 고정 및 건조	실습
9/1 (09:00~17:00)	잡초의 표본 제작 (09:00~12:00)	1. 잡초 표본 제작 2. 표본 준비	이론/실습
	표본 준비 작업 (13:00~14:30)	1. 준비한 표본 준비 및 정리	실습
	잡초 표본 제작 (14:30~17:00)	1. 잡초 표본 제작	실습
9/2 (09:00~17:00)	잡초 식생/작물과의 경합 평가 (09:00~12:00)	1. 잡초에 의한 식생 영향 평가 2. 작물-잡초간 경합	이론
	작물-잡초 경합평가 (13:00~14:30)	1. 작물-잡초 경합 실험 포장 방문 2. 경합실험 포장 생육평가	실습
	잡초 식생영향 평가 (14:30~17:00)	1. 잡초 군락 내 식생 조사 2. 조사한 식생 조사 분석	실습
9/3 (09:00~17:00)	제초제 사용/작용기작 별 생리 (09:00~12:00)	1. 제초제의 사용 및 기본 2. 제초제 작용기작 별 특성 3. 제초제 저항성	이론
	제초제 작용기작 별 특성 및 제초제 저항성 (13:00~14:30)	1. 제초제 작용기작별 특성 관찰 2. 제초제 저항성 잡초 관찰	실습
	제초제 처리 실습 (14:30~17:00)	1. 제초제 처리 실습(대형, 소형 처리)	실습
9/4 (09:00~17:00)	잡초방제학 최신기술/잡초의 이용 (09:00~12:00)	1. 잡초방제학 분야 최신기술(영상식물학) 2. 잡초의 이용	이론
	잡초방제학 분야 최신기술 연구실 (13:00~14:30)	1. 영상식물학 연구실 견학	실습
	잡초방제학 분야 연구실 및 포장방문 (14:30~17:00)	1. 영상식물학 연구실 및 포장 견학	실습

제초제의 소개

- Introduction to Herbicide



농학과 임수현 교수

한국방송통신대학교

화학적 잡초 방제법 (Chemical weed control)



1. 제초제(Herbicide) 란?

[1] 제초제란 잡초에 처리할 경우 잡초에 흡수 되어 잡초의 광합성이나 각종 대사활동을 억제하여 죽게 하는 화합물을 말함

[2] 제초제의 작용: 처리된 제초제는 잡초의 뿌리나 잎으로 흡수되어 흡수 부위에 작용하여 잡초를 죽이거나(**접촉형**), 다른부위로 이동하여(**이행형**) 잡초를 죽임

제초제 처리 → 접촉 → 흡수 → 이행 → 제초작용

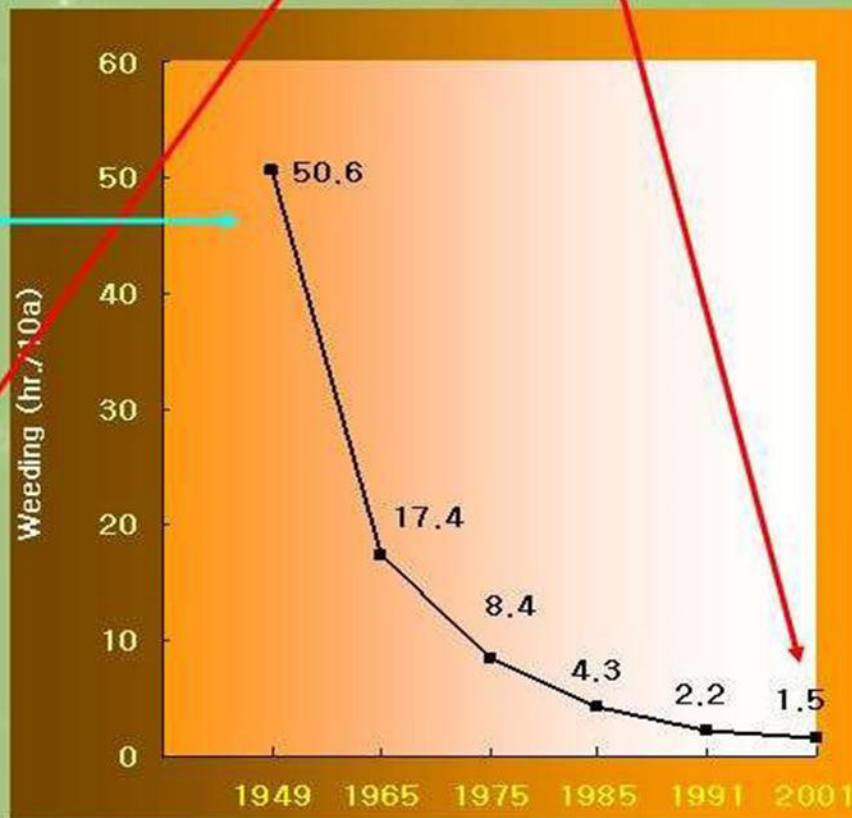
[3] 제초제의 처리: 제초제는 토양처리와 경엽처리로 구분할 수 있는데, **토양처리**는 주로 잡초의 발아억제나 잡초의 뿌리로 흡수되어 잡초를 방제할 목적으로, **경엽처리**는 잡초의 잎과 줄기에 제초제를 처리하여 잡초를 방제할 목적

[4] 제초제 처리시기: 제초제는 잡초의 발아/출아 전 처리하는 **출아전 처리제**와 잡초가 출아한 이후 처리하는 **출아후 처리제**로 처리시기를 구분할 수 있음

제조제: 잡초방제를 혁신적 발전, 노동력 절감



편한 농사



농촌인구의 급격한 감소, 농촌의 노령화 가속화 !!



- ✓ 1970년 이후 급속도로 농촌 떠남
- ✓ 2040년이면 농촌인구 33% 이상 더 감소

2. 제초제 처리

잡초를 효과적으로 관리하기 위한 제초제의 처리를 위해서는:

1) 적합한 사용, 2) 균일한 살포, 3) 적합한 시기에 처리되어야 함

(1) 작물재배와 잡초방제와 관련하여 제초제의 적합한 사용은 경제적인 방제를 달성하는데 매우 중요함

1) 적절한 약량

- 약량이 너무 높으면 저항성이 발생할 수 있음
- 약량이 너무 낮으면 효과도 없고 후에 저항성이 발생할 수 있음
- 약량에 따른 비용 최적화
- 제초제 약량은 적절한 보정을 통해 제어함

2) 살충, 제초제 오용은 화학물질의 낭비, 해충/잡초의 방제 실패로 인한 작물수량 손실 등의 유발하여 연간 10억 달러의 추가비용이 발생할 것으로 추정됨

제조제는 균일한 살포가 중요함



제조제 살포와 노즐

잘못된 노즐사용의 예

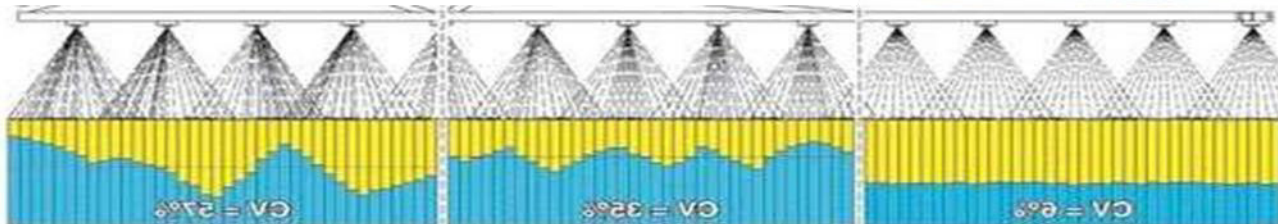
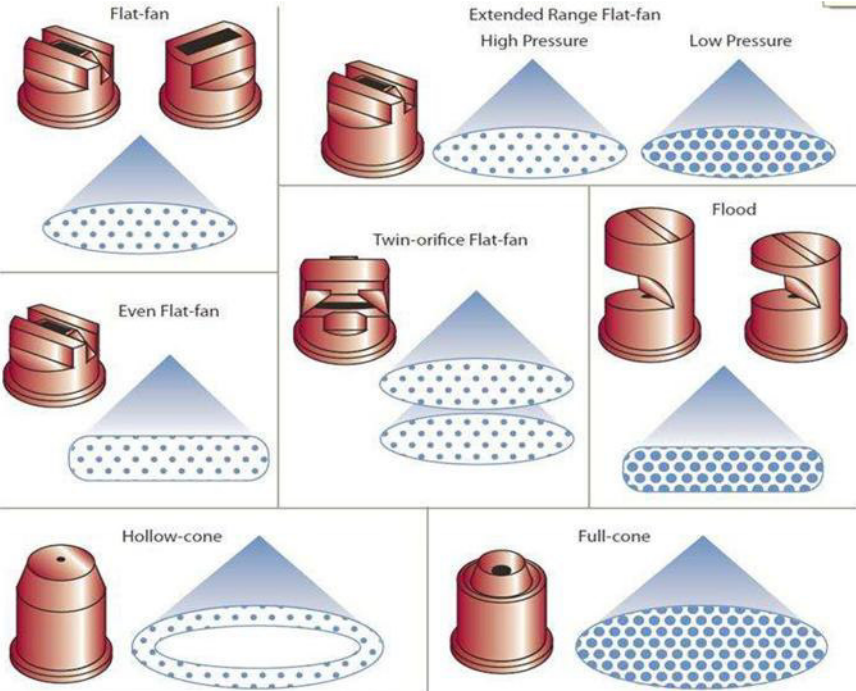
잘못 결합된 노즐
Mismatched nozzle

다른 각도 노즐
Different fan angles

이물질 낀 노즐
Clogged nozzle

기운 노즐막대
Misaligned nozzle

다양한 노즐의 예



체계적인 제초제 처리: 잡초의 효과적인 방제에 필수



경운

재식
(파종)

토양처리제
(0~5 일차)

경엽처리제
(30~50 일차)

3. 제초제의 효과적이고 안전한 사용

1. **제초제의 효과적 사용**을 위해서는 **작물보호제(농약) 지침서**의 사용방법에 따라 사용할 것
2. **처리약량**: 잡초를 효과적 경제적으로 방제하고 작물에 안전하게 사용하기 위해서는 **최적 약량**을 처리해야 함.
→ **고려사항**: 잡초, 작물, 잡초의 생육시기, 날씨(비, 건조 등)
3. **균일한 처리(살포)**: 제초제에 의한 균일한 잡초방제를 위해서는 처리 약량의 제초제를 **균일하게 처리** 살포하는 것이 필요하며, 최적의 노즐을 살포기에 부착하여 균일하게 살포함.
→ **고려사항**: 노즐, 살포기, 노즐높이, 물의 양, 이동 속도, 바람
4. **처리 시기**: 제초제 처리는 최적의 시기에 처리하는 것이 잡초 방제 효과 및 작물 안전성을 확보할 수 있음
→ **고려사항**: 경운 & 파종기, 잡초/작물의 생육시기, 날씨, 일시

작물보호제 지침서

www.koreacpa.org

농촌사랑·우리 농산물 애용

2020 작물보호제 지침서

농약

한국작물보호협회
Korea Crop Protection Association

제초제

메트리부진수화제 (상표) **센코**

유효성분: metribuzin 35%
기타: 계면활성제, 보조제, 증량제 65%
계통: 트리아진계

성: 저독성

[적용대상 및 사용량]

작물명	작 용 장 소	사용적기 및 방법	물 20ℓ 당 사용량(ℓ)	1,000㎡(10a)당 사용량	
				약 량	살 포 량
감 자	일년생작초	감자를 심고 복토직후부터 감자색이 자실부에 나오기 전까지 토양처리	20g	100g	100ℓ
토 마 토		정식 후착후 토양처리 (심초발생전~2.3엽기)			

[사용방법]

1. 감자밭 : 감자를 심고 흙을 골고루 부수어 얇은 다음 3일내에 1,000㎡(10a)당 희석액 100ℓ를 분무기로 토양표면에 골고루 뿌리
십시오.
2. 토마토밭 : 정식 5일후 1,000㎡(10a)당 희석액 100ℓ (55ℓ)를 분무기로 토양표면에 골고루 뿌리십시오.
3. 소량의 물에 소정량의 약을 잘 갠 다음 전량의 물을 넣어 잘 저어서 뿌리십시오.

[특 징]

1. 이 농약은 트리아진계의 토양처리용 제초제로서 피, 바랭이, 여뀌, 쇠비름, 냉이, 석류꽃, 닭의장풀, 명아주, 방동사나 등의 잡초
에 효과가 있습니다.
2. 약액이 잡초의 뿌리, 잎, 줄기 등을 통해 침투 이행하여 제초효과를 나타냅니다.
3. 약효지속기간은 약 40~50일입니다.

△ [약효·약해에 관한 주의사항]

1. 비닐멀칭, 비닐터널 및 토마토 비닐하우스 재배시에는 약해의 우려가 있으니 사용하지 않습니다.
2. 남작 이외의 감자품종에는 약해의 우려가 있으니 사용하지 않습니다.
3. 감자의 색이 자실부로 나온 이후에는 약해의 위험이 있으니 사용하지 않습니다.
4. 이 농약은 토양에서 잔류기간이 길기 때문에 후작물을 재배할 때에는 약제처리 90일 후에 재배하십시오.
5. 유기물이 적은 토양이나 모래땅에는 사용량을 줄여서 사용하십시오.
6. 토양이 건조할 때에는 살포물량을 늘리십시오.
7. 이 약제는 수몰해도가 높아 약제처리후 감우시 약해우려가 있으므로 감우가 예상될 경우에는 사용하지 않습니다.

△ [안전 및 기타 주의사항]

제초제

나프록시마이드수화제 (상표) **유제·액상수화제**

유효성분: naftoprost 50%
기타: 계면활성제, 보조제, 증량제 50%
계통: 아미노이드계

[적용대상 및 사용량] (수화제·상표: 흥부파마이드, 윈비오파마이드, 파미들, 테브리놀클로드, 연일파마이드) 저독성

작물명	작 용 장 소	사용적기 및 방법	물 20ℓ 당 사용량(ℓ)	1,000㎡(10a)당 약 량	1,000㎡(10a)당 살 포 량
감자·향배	일년생작초	○ 느그재배, 직파작물 : 파종후 3일이내심초 발생전 이식작물 : 이식 2~3일전심초 발생전	50g	300g	30ℓ
고추·토마토·달래		○ 비닐피복재배 : 비닐피복직후심초 발생전			
배추		○ 느그재배 이식작물 : 이식 2~3일전심초 발생전 직파작물 : 파종후3일이내심초 발생전			
진디		○ 비닐피복재배 : 비닐피복직후심초 발생전			
감	일년생작초	심초 발생전 토양처리	33g	500g	30ℓ
다덕(이삭재배)	일년생작초	이식 후토후 토양처리	100g	600g	30ℓ
향배	일년생작초	파종 후토후 토양처리	50g	300g	30ℓ
향배(느그재배)	비닐멀칭전 토양처리 정식후 토양처리				

[유제·상표: 윈비오파마이드] 저독성

제초제를 안전하게 사용하려면?

1. **작물보호제(농약) 지침서**의 사용방법에 준하여 사용하고, 주의사항을 꼭 숙지한다.
2. **안전장구를 반드시 착용하고 처리**: 보안경, 방제복, 마스크, 고무장갑을 반드시 착용하고 제초제를 살포한다.
3. **해독 및 응급 처치**: 눈이나 입에 들어갈 경우 즉시 씻어내고, 의사의 치료를 받도록 한다. 임의대로 처치하지 않는다.
4. **약제 살포기 세척**: 제초제를 처리한 후 살포기는 물로 깨끗이 세척하고(호스 & 노즐까지), 세척한 물이 하수로 유입되지 않도록 한다.
5. **제초제(농약) 보관 철저**: 자물쇠가 설치된 별도의 안전한 곳에 보관하고, 어린이, 노약자, 비농민의 손에 닿지 않도록 관리하고, 빈봉지나 빈병은 별도의 수거하여 폐기처리 한다.

작물보호제 지침서의 안전/주의 사항

△【약효·약해에 관한 주의사항】

- 1 이 농약은 비선택성제초제이므로 뿌릴 때 약액이 농작물의 잎은 물론 어린줄기나 과실 등에 직접 묻지 않도록 주의하십시오.
- 2 이 농약을 뿌린후 6시간 이내에 비가오면 제초효과가 떨어질 수 있으므로 강우가 예상될 때는 뿌리지 마십시오.
- 3 제비산노즐과 비산방지캡이 장착된 살포장비를 사용하고, 작물에 비산되면 약해가 발생하므로 비산되지 않도록 살포하여 주십시오.
- 4 논 포장에는 절대 사용하지 마시고 논둑처리의 경우 주변 논에 비가 파종되어 있거나 심겨져 있을 때에는 절대 사용하지 마십시오.
- 5 파스트기 분무기와 원액살포기는 절대 사용하지 마십시오.
- 6 바람이 많은 날에는 약액이 바람에 날아가서 작물에 피해를 줄 수 있으므로 주의하십시오.

△【안전 및 기타 주의사항】



1. *이 농약은 약한 피부자극성과 약한 인자극성이 있으므로 보안경, 방제복, 마스크, 고무장갑을 착용하고 눈에 들어가지 않도록 주의하여 바람을 등지고 뿌리시되 작업후에는 입안을 물로 헹구고 손, 발, 얼굴 등을 비눗물로 깨끗이 씻으십시오.

* 이 농약은 식물전멸약으로 약액이 작물에 묻지 않도록 주의하여 사용하시고 사용한 후에는 방제기구를 반드시 세척하십시오.

△【취급제한기준】

- 1 이 농약은 비선택성 제초제이므로 상수취수원으로 흘러 들어갈 우려가 있는 지역에서는 사용하지 마십시오.

【취급방법】

- 1 잘못하여 마셨을 때에는 절대 구토를 유도하지 말고 충분한 물로 구강을 세척한 후 즉시 의사의 치료를 받으십시오.
- 2 눈에 들어 갔을 경우에는 즉시 다량의 물로 씻고 의사의 진료를 받으십시오.
- 3 피부에 묻었을 경우에는 즉시 물로 씻어내고, 이상이 있을시 의사의 진료를 받으십시오.

* 일반적인 응급조치와 약제를 음독 후 2시간내에는 위세척이 가능합니다. 경련증상이 있을 경우 Benzodiazepine 및 Phenobarbital 사용이 가능합니다.

안전한 농약(제초제) 사용이 가장 중요



제초제의 비산은 처리
농민 건강은 물론 주변
작물에게도 심각한 피해
를 줄 수 있음



4. 제초제(Herbicide) 종류

- [1] 제초제란 잡초에 처리할 경우 잡초에 흡수 되어 잡초의 광합성이나 각종 대사활동을 억제하여 죽게 하는 화합물을 말함
- [2] 선택성제초제(Selective herbicides): 특정 잡초종은 방제하면서 재배하는 작물에는 해를 입히지 않게 하는 제초제
- [3] 비선택성제초제(Non-selective herbicides): [상업제품에서 종종 '식물 전멸제' 라고 불리며] 황무지, 산업 및 건설 현장, 철도 및 철도 제방을 정리하는데 사용되며 접촉하는 모든 식물을 죽이는 제초제



대표적인 선택성제초제



대표적인 비선택성제초제

6. 제초제의 역사

(1) 고대인의 제초제 사용: BC 164, 로마인들이 카르타고(북아프리카)를 무너뜨리기 위해 소금을 사용하여 그들의 농작물을 파괴함, 많은 양의 황산 및 소금 등이 사용, 비선택성

(2) 현대의 제초제 사용: 2,4-D의 개발

세계2차대전 기간 식물생리 연구 중 생장 조절제로서 개발됨, 선택성, 적은 양으로도 살초효과

(3) 제초제의 오용으로 인한 피해

Agent Orange (2,4-D + 2,4,5-T): 2,4,5-T의 부산물로 다이옥신(TCDD)이 함유

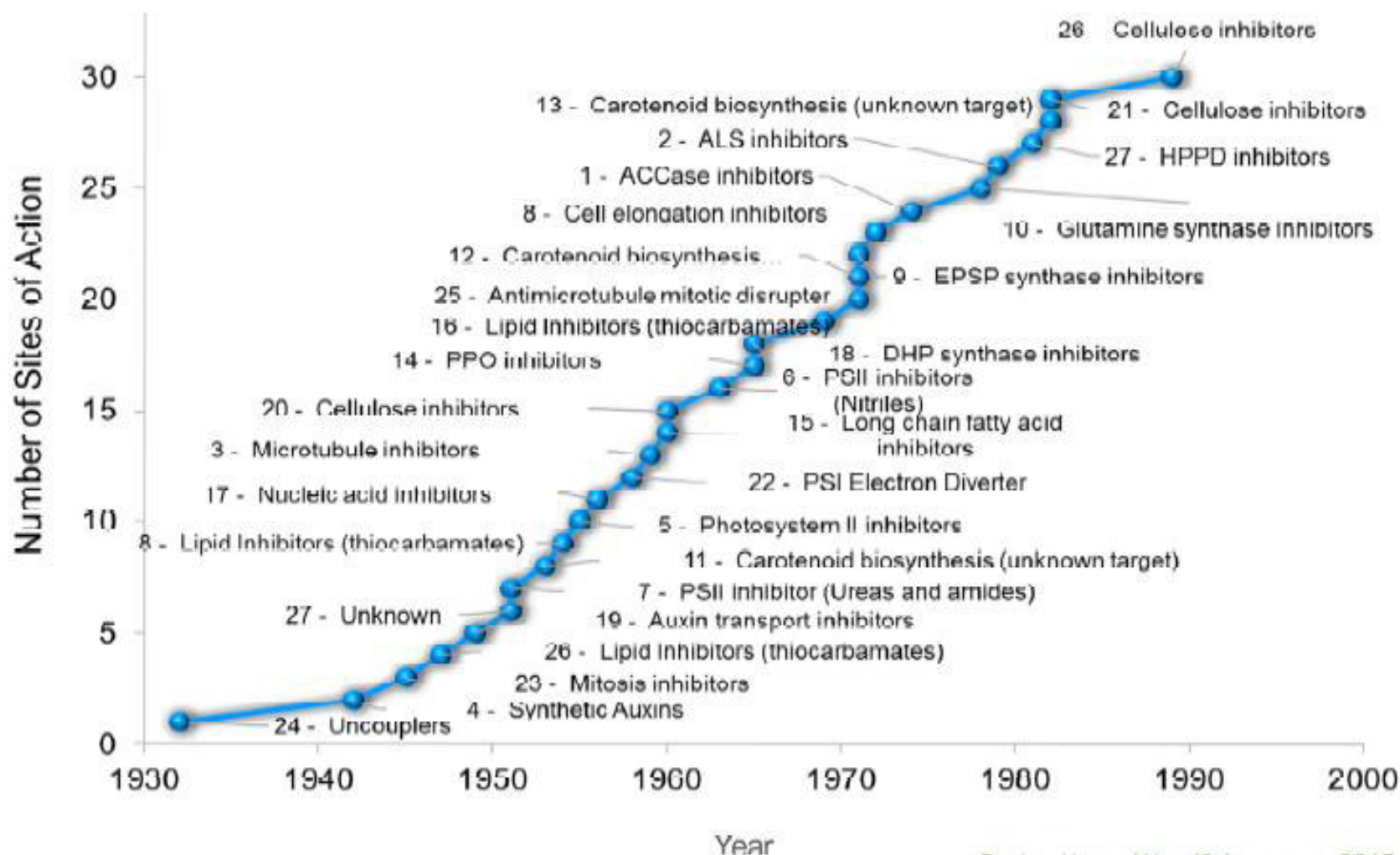


A guerrilla in the Mekong Delta paddles through a mangrove forest defoliated by Agent Orange (1970). Photograph by Le Minh Truong © National Geographic Society



- (4) **요소계 제초제**: 1951년 개발, Monuron, diuron 이 이에 속함, 광합성 저해제
- (5) **트리아진계 제초제**: 1955년 개발, Atrazine, simazine, velpar 등이 속함, 광합성 저해제, 긴 잔류성을 가짐
- (6) **디니트로아닐린계 제초제**: 1960년 도입됨, 미세소관(microtubules)이 형성될때 tubulin 에 붙어 세포분열을 중지시킴
- (7) **글라이포세이트(Glyphosate)**: 1970년 후반 개발됨, 첫번째 상품은 Roundup, EPSPS(5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate (EPSP) synthase) 저해, 방향성 아미노산 생합성에 관여, 비선택성
- (8) **ALS 저해제**: 1980년대 개발, 매우 적은 양의 제초제로 잡초 방제 가능

Introduction time of new herbicide MOAs



7. 제초제의 분류

- (1) **제초제의 처리방법**: 제초제는 토양처리와 경엽처리로 구분할 수 있는데, 토양처리(soil application)는 주로 잡초의 발아억제나 잡초의 뿌리로 흡수되어 잡초를 방제할 목적으로, 경엽처리(foliar application)는 잡초의 잎과 줄기에 제초제를 처리하여 잡초를 방제할 목적
- (2) **제초제 처리시기**: 제초제는 잡초의 발아/출아 전 처리하는 **출아전 (PRE-emergence) 처리제**와 잡초가 출아한 이후 처리하는 **출아후 (POST-emergence) 처리제**로 처리시기를 구분할 수 있음
- (3) **제초제의 작용**: 처리된 제초제는 잡초의 뿌리나 잎으로 흡수되어 흡수 부위에 작용하여 잡초를 죽이거나(**접촉형**), 다른부위(작용점)로 이동하여(**이행형**) 잡초를 죽임

제초제 처리 → 접촉 → 흡수 → 이행 → 작용점에서의 제초작용

- (4) **화학물질 및 화학구조**:

- 1) 유기제초제 & 무기제초제, 2,4-D 개발 이후 대부분제초제는 유기제초제
- 2) 화학구조에 의한 제초제

화학구조	특징	화학구조	특징
페녹시카르복실계	발아후 처리제로 이행형 호르몬형 제초제, 생장점에 집적, 일년생 및 다년생 광엽잡초 방제(2, 4-D)	피리미딘계	광합성 억제, 단백질 합성 억제, 모든 부분에서 흡수 이행, 토양 잔효성 김
아릴옥시페녹시프로피오닉산계	ACCase 저해제초제, 지질생합성 작용 억제, 일년생 및 다년생 화본과 잡초 방제, 선택성	옥사디아졸계	발아 전 처리제로 토양혼화처리, 주로 논·의 일년생 잡초 방제, 엽록소생성억제 (PPO)
벤조산계	광엽식물의 뿌리나 경엽을 통해 흡수, 일년생 및 다년생 광엽잡초 방제, 생장조절작용성	피라졸계	일년생 및 다년생 잡초 방제, 단제로 사용하지 않고 혼합제형으로 사용, 엽록소생성억제
산아마이드계	발아전 처리제, 일부 피경엽처리제(propanil), 신초나 뿌리에 의해 흡수	사이클로헥산디온계	AOPP계와 같이 지질생합성 저해, 일년생·다년생 화본과 잡초방제, 경엽
카르바메이트계	발아전 토양처리제	피리딘계	호르몬형, 광엽잡초 방제, 단백질과 효소생합성 조절
트리아진계	화본과 및 광엽, 특히 광엽잡초방제, 광합성 저해	이미다졸리논계	일년생/다년생 화본과 및 광엽 방제, ALS 저해

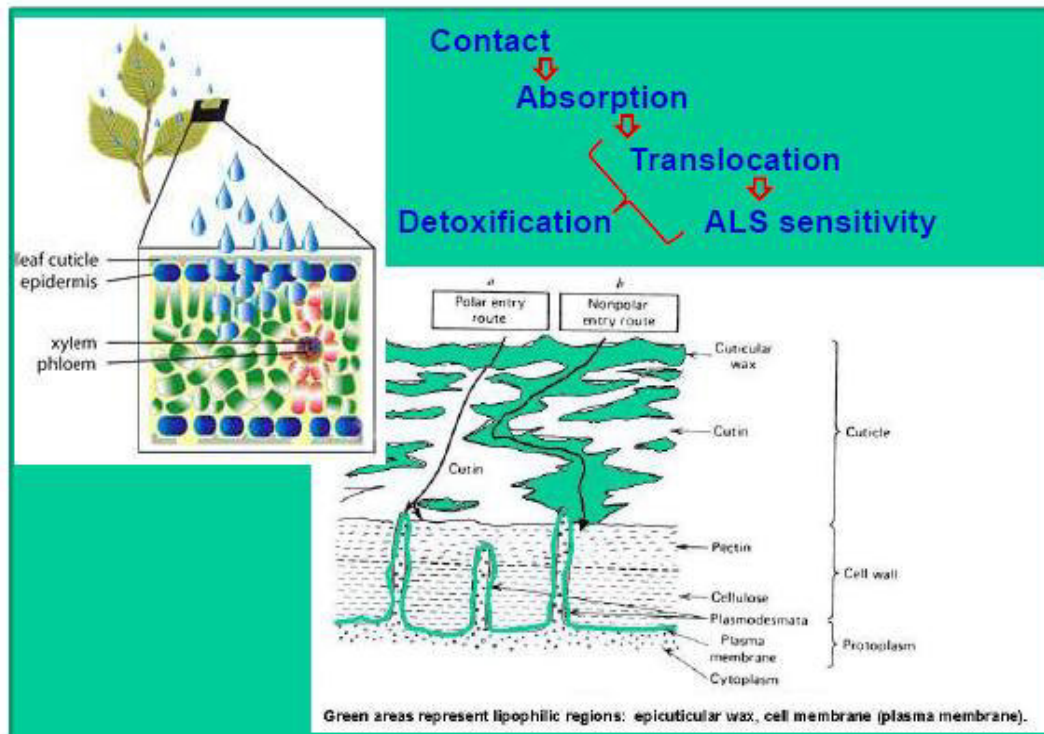
화학구조	특징	화학구조	특징
요소계(urea)	화본과 및 광엽 방제용으로 잘아전 처리, 뿌리로 흡수, 광합성 억제, 설폰닐우레아 계 제초제는 ALS작용 억제, Siduron은 화본과 뿌리생장 억제	피리미딘다이온계	PPO의 효소작용 저 해하여 엽록소 생성 억제, 활성산소에 의 한 세포막 손상, 일 년생/다년생 잡초 방 제
디페닐에테르계	일년생 광엽 및 화본과 방 제, 접촉형 발아전 처리제, 토양에 흡착	나이트릴계	셀룰로오스 생합성 저해, 단백질과 RNA합성에도 영향, 토양처리제
디니트로아닐린계	토양전 처리제로 토양혼합 처리, 모든 화본과, 광엽잡 초 방제, 식물체내 이행 ^x , 세포분열 억제	무기제초제	화합물 속 탄소 함유 하지 않은 무기화합 물로 구성, 1800년 대 프랑스에서 사용 (최초의 화학제초 제), 경엽처리, 높은 처리약량
유기인계	인(P)을 포함한 제초제, glyphosate, glufosinate 등 의 비선택성 제초제		
비피리딜리움계	접촉형으로 수시간 내 식물 고사, 광계 저해제초제로 diquat, paraquat 등의 비선택 성 제초제, 빛이 있을때 신속히 작용	혼합제초제	단제로 사용하지 않 고 다양한 계열의 제 초제를 혼합하여 사 용, 이원합제, 삼원 합제 등

8. 제초제의 흡수, 이행 및 대사

(1) 제초제의 작용: 처리된 제초제는 잡초의 뿌리나 잎으로 흡수되어 흡수 부위에 작용하여 잡초를 죽이거나(**접촉형**), 다른부위로 이동하여(**이행형**) 잡초를 죽임

제초제 처리 → 접촉 → 흡수(absorption) → 이행(translocation to target site) → 작용점에서의 작용(interaction at target site)

제초제 작용 경로



9. 제초제의 작용기작(Mode of Action)

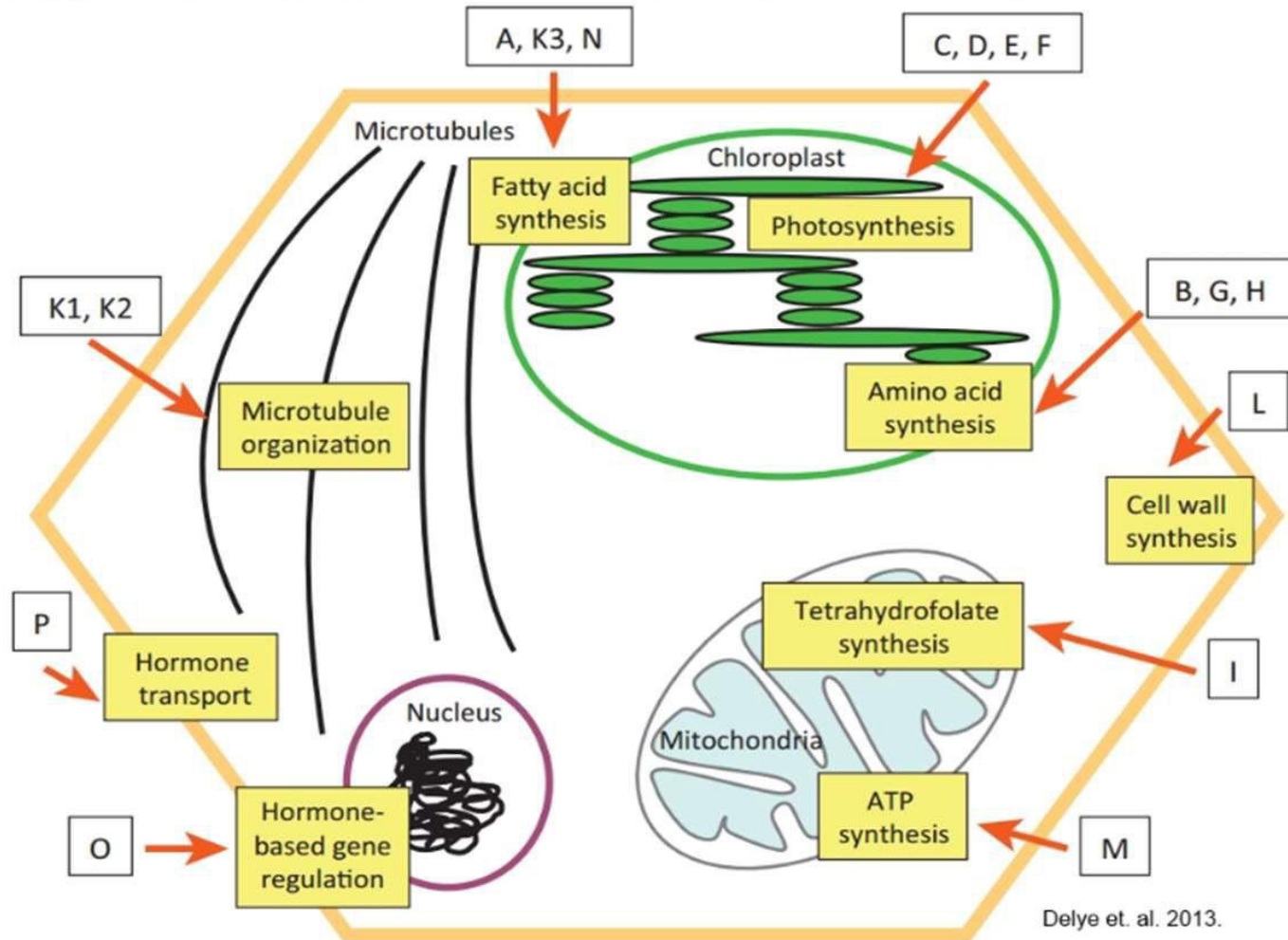
(1) 작용점에서의 작용기작:

- ✓ 광합성(Photosynthesis: food)
- ✓ 호흡(Respiration: energy)
- ✓ 아미노산(Amino acids: proteins/growth)
- ✓ 지질(Lipids: cell membranes)
- ✓ 색소(Pigments: energy/light capture)
- ✓ 체세포분열(Mitosis: cell division)

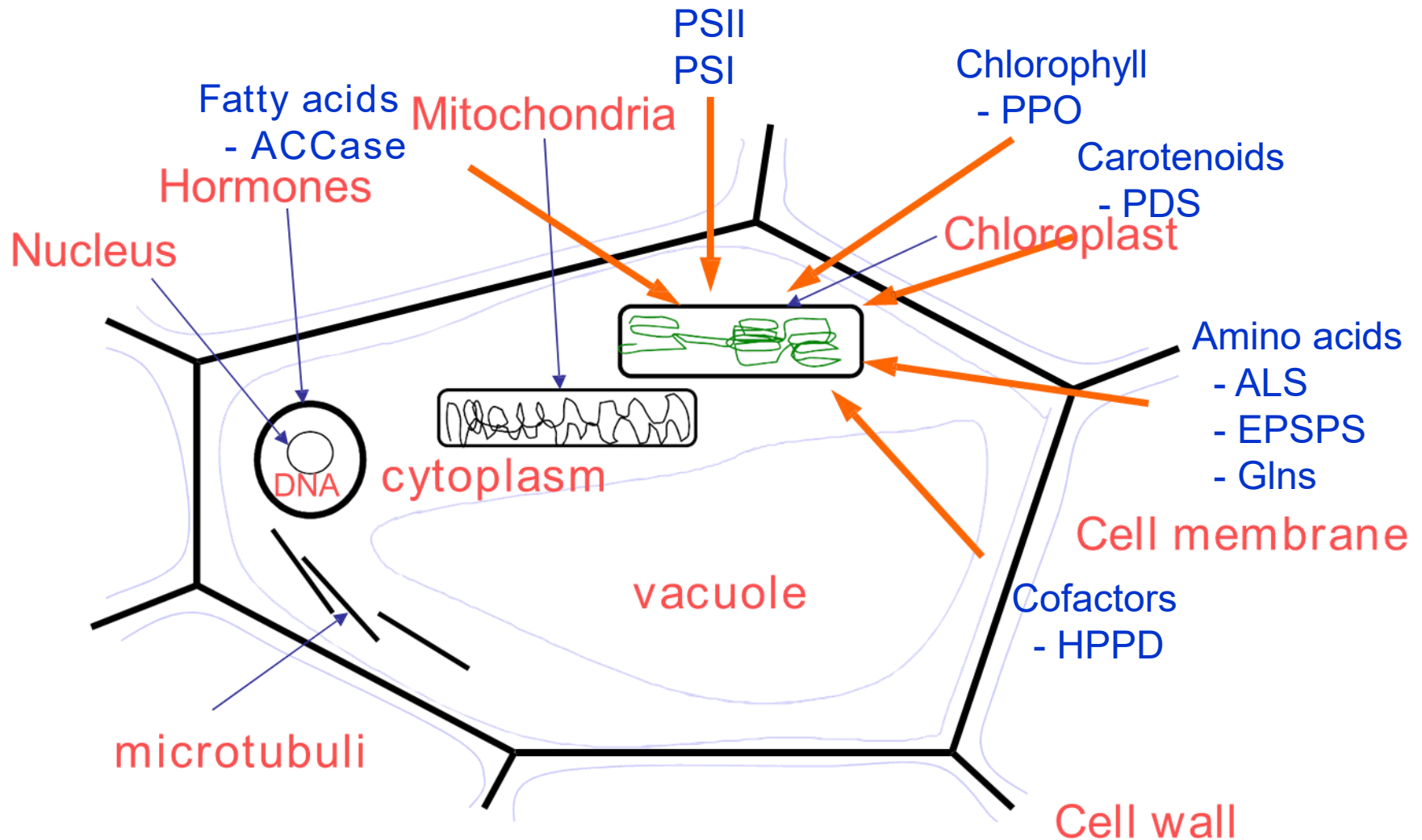
- 광합성 저해제(Photosynthesis Inhibitors)
- 생육조절제(Growth Regulators)
- 아미노산 생합성 저해제(Amino Acid Synthesis Inhibitors)
- 지질 생합성 저해제(Lipid Synthesis Inhibitors)
- 색소 저해제(Pigment Inhibitors)
- 세포막 저해제(Cell Membrane Disruptors)

MOA에 따른 제초제의 세포 내 작용점

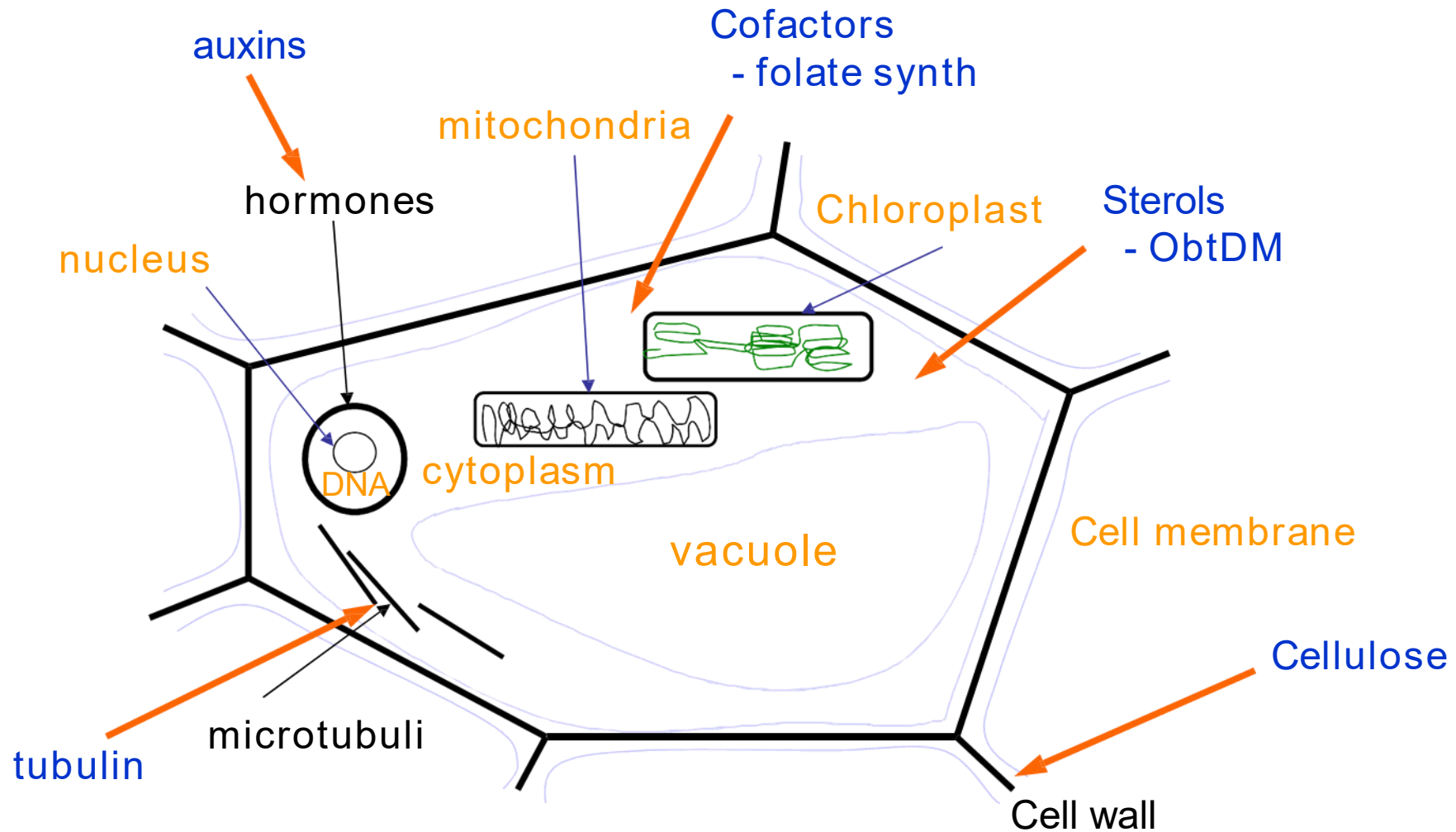
From: Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds, Christophe Delye et. al. 2013, Trends in Genetics.



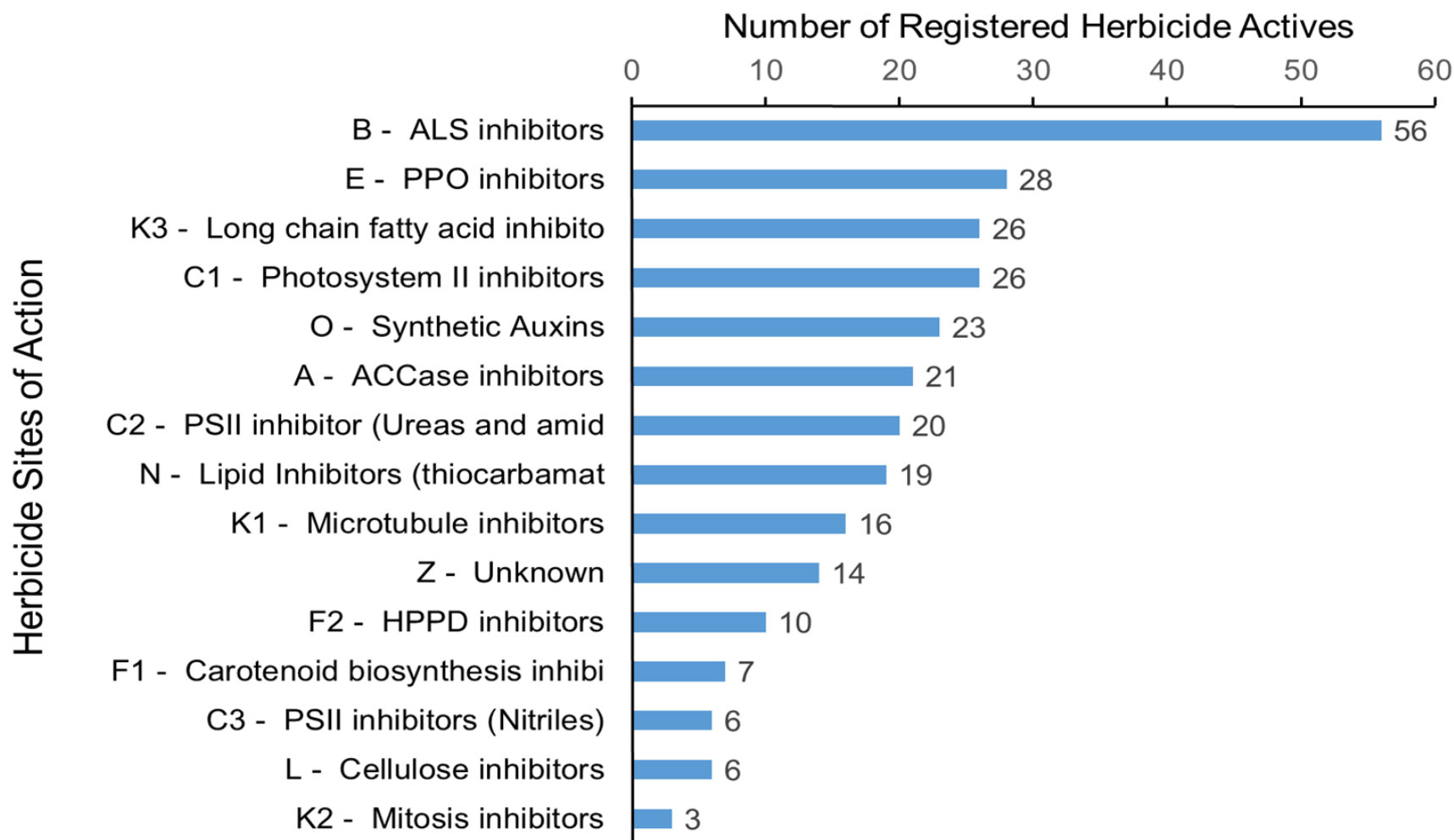
엽록체 내에서의 제초제 작용점



엽록체 외에서의 제초제 작용점



주요 MOA의 등록된 제초제 수



광합성 저해 제초제의 작용기작

(Photosynthesis inhibitor herbicide)

- (1) 광합성 저해 제초제는 식물이 빛 에너지를 영양분으로 변환하는 과정인 광합성을 방해하는 작용을 하는 제초제를 말함
- (2) 광합성 저해 제초제에는 작용점에 따라 PSII 저해 제초제와 PSI 저해 제초제로 나뉨
- (3) 광합성 저해 제초제의 특성
 - ✓ Bentazone, Propanil, 및 Bromoxynil 등을 제외한 대부분의 광합성 저해 제초제는 발아 전 처리제로 사용됨
 - ✓ 식물이 발아 후 바로 흡수 및 이행이 이루어짐
 - ✓ 토양 잔류 활성은 제초제에 따라 다름
- (4) 광합성 저해 제초제의 대표적 증상
 - ✓ 잎 가장자리에서 안쪽으로 식물 조직이 파괴되며 황백화 후 맥간 또는 정맥이 황백화/황변화됨
 - ✓ 발아 후 처리제는 살포 후 식물 조직의 빠른 반응을 유발함
 - ✓ 발아 후 광합성 저해 제초제 내성을 가진 작물은 잎에 황색이나 청동의 반점이 나타날 수 있음

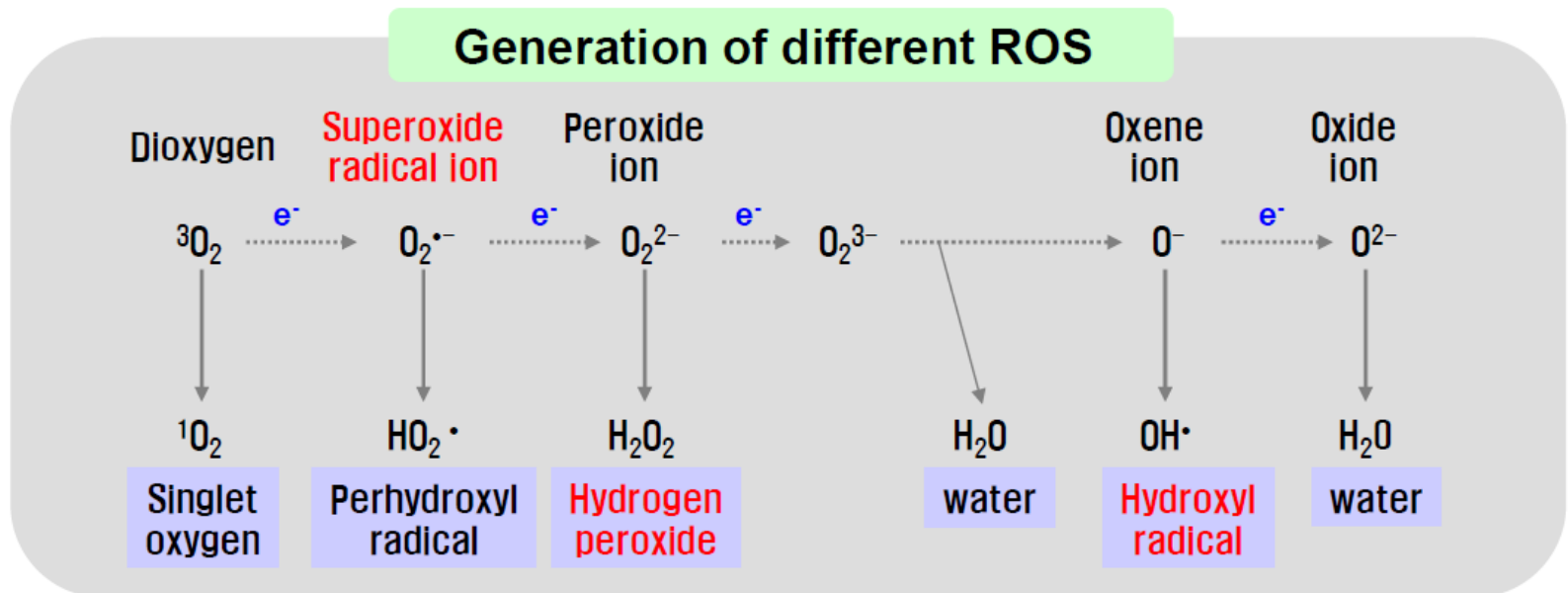
광계 II 저해제 작용기작의 특성

- ✓ CO₂ 고정 속도가 몇 시간내에 줄어듦
- ✓ 뿌리 생장에는 직접적인 효과 없음
- ✓ 주로 물관부에서 이행하기 때문에 다년생 초본의 경우 토양처리제를 통해서만 방제됨
- ✓ 제초제 처리 전 낮은 광량에 노출되어 있던 식물에 제초제 처리 후 높은 광도에 노출되면 가장 강한 활성을 보여줌
- ✓ 토양 내 이동성은 낮거나 중간정도임



활성산소(Reactive oxygen species, ROS)

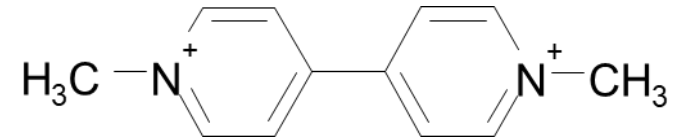
- ✓ 광활성 물질에 의해 생성된 산소
- ✓ (singlet oxide, $^1\text{O}_2$; superoxide anion, $\text{O}_2^{\cdot-}$; peroxide anion, O_2^{2-} ; hydroxide radical, $\cdot\text{OH}$; hydroperoxide, H_2O_2)
- ✓ 불안정하고 반응성이 높아 불포화지방산을 공격하여 세포막을 파괴함



광계 I 저해 제초제 특성(Paraquat & bipyridylium herbicides)

Paraquat

- ✓ 산화환원반응의 지표로 사용됨(methyl viologen) (1930s)
- ✓ 제초활성은 1950년대에 발견됨
- ✓ 1970년대에 비선택성 제초제로서 개발됨(Syngenta)



Bipyridylium herbicides

- ✓ 수용성 및 생리학적 pH에서 안정함
- ✓ 2개의 양전하 이온으로 식물, 유기물 및 토양 점토 광물에 쉽고 강력하게 흡착되어 비활성화됨
- ✓ 광계 I (환원)에서 전자 1개를 얻고 전자를 O₂에 빠르게 전달하여 반응성 산소가 되어 광계 I 에서 다른 전자를 얻을 수 있음

광계 I 저해 (Inhibition of PS I) 작용

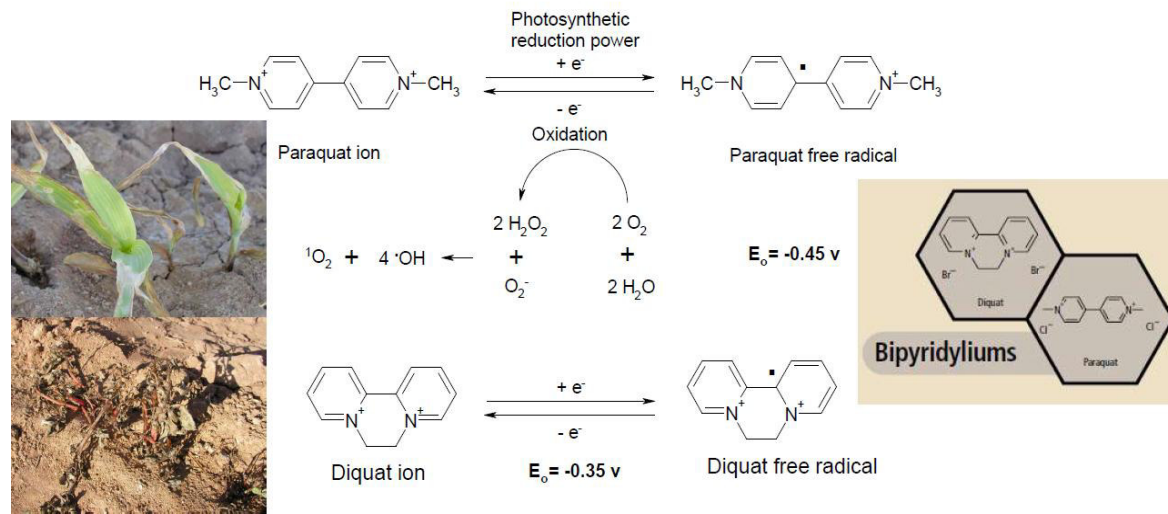
- ✓ Paraquat는 페레독신(Fd)으로부터 전자를 받아들일 수 있는 산화환원 전위를 가지고 있음

파라콰트: -0.446V

다이콰트: -0.349V

페레독신: -0.420V

- ✓ Paraquat는 Fd에서 전자를 얻고 자유 라디칼(free radical)이 됩니다.
- ✓ Paraquat free radical은 산소에 전자(산화)를 주어 **활성산소(ROS)**를 **생성**한 다음 양전하를 띤 2개의 이온 상태로 돌아감
- ✓ 연속적인 순환을 통해 Paraquat는 빛 조건에서 이온 상태를 유지하고 ROS는 세포막을 공격하여 식물을 고사시킴



제초제 ‘그라목손’ 사용금지

동아일보(2012-06-28)



독성 강해 ‘음독 농약’ 오명

Paraquat 성분 11종 영구 퇴출

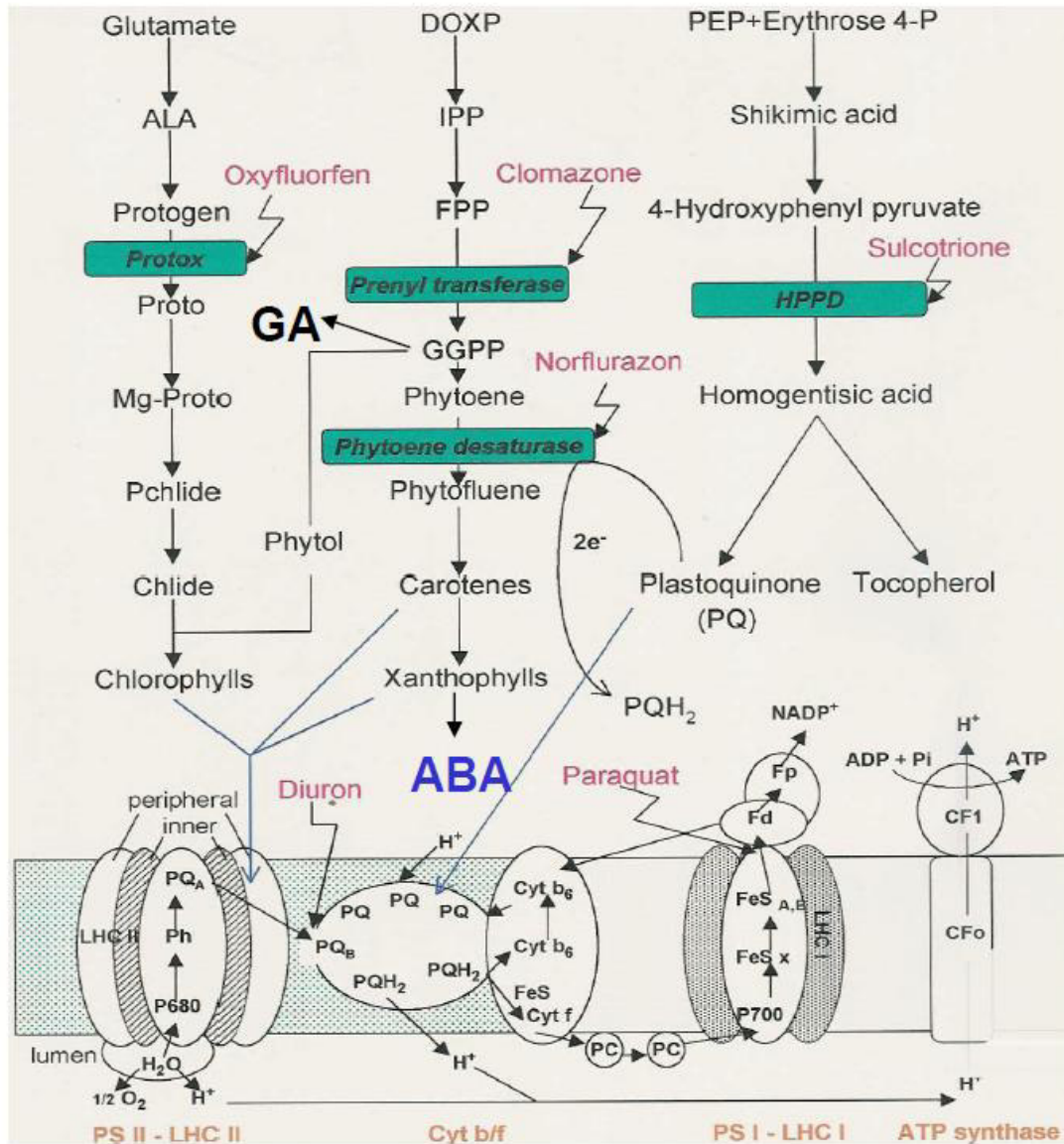
독성이 강해 자살 수단으로 종종 쓰인 탓에 ‘음독(飮毒) 농약’이라는 오명이 붙은 ‘그라목손’(사진) 등 Paraquat dichloride 성분의 제초제가 영구 퇴출된다. 농촌진흥청은 이 성분의 제초제 11종의 사용을 11월 1일부터 금지한다고 27일 밝혔다.

Paraquat 성분 제초제는 효과가 뛰어나고 값이 싸 세계적으로 널리 사용됐지만 독성이 강하고 해독제가 없어 사고가 끊이지 않고 자살 수단으로 악용되기도 해 생산을 중단해야 한다는 의견이 많았다. 스웨덴은 1983년, 유럽연합(EU) 27개국은 2007년 Paraquat 제초제 사용을 금지했다.

국내에서도 DDT, DDVT 등에 이어 Paraquat 성분 제초제까지 사용이 금지됨에 따라 국내 고독성(高毒性) 농약은 완전히 퇴출됐다.

광합성 색소 저해 제초제의 작용기작

(Photosynthetic pigment inhibitor herbicide)



Protox inhibitors:

Inhibit **Chlorophylls** biosynthesis
Generate **ROS**

PTS/PDS inhibitors:

Inhibit **Carotene** biosynthesis

HPPD inhibitors:

inhibits **Plastoquinone** biosynthesis

(1) 식물의 광합성에 관여하는 색소의 합성을 저해하는 기작을 가지고 있어 엽록소등의 색소가 없으면 식물은 광합성을 할 수 없어 고사하게 됨

(2) Clomazone, Benzobicyclon, Amitrole, Diflufenican 등

(3) 광합성 색소 저해 제초제의 특성:

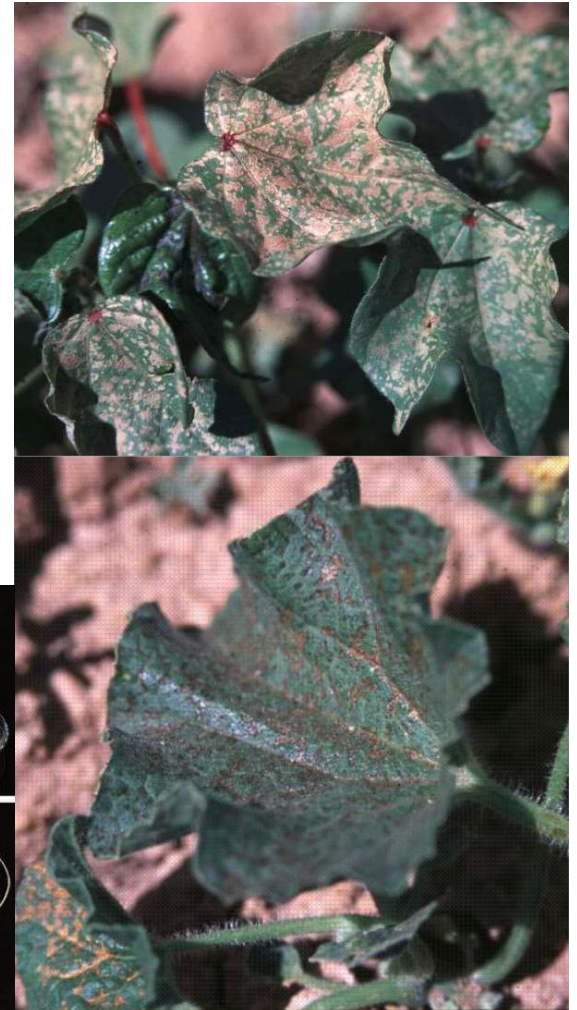
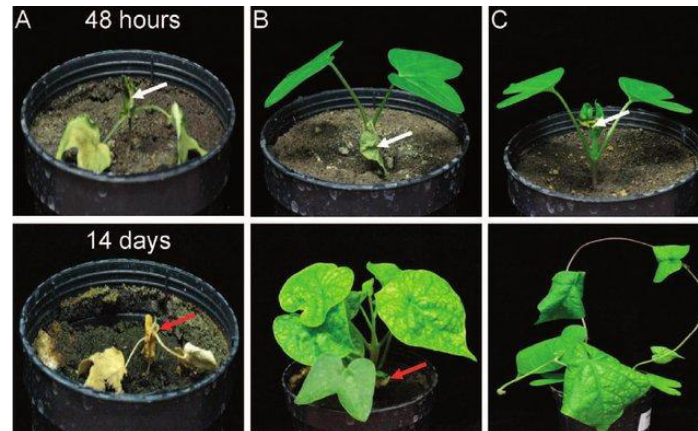
- ✓ 뿌리에 흡수되어 물관부를 통해 생장점 조직으로 이행함
- ✓ Amitrol은 체관부에서 움직이며 식물성 당과 함께 이행함
- ✓ 제초제의 토양 활성은 몇 개월에서 12개월까지 다양함
- ✓ 면화에 clomazone을 사용하려면 면화를 "안전하게" 하기 위해 고랑 내에서 유기인계 살충제와 함께 사용해야 함
- ✓ 사질성 토양에서 사용할 때 주의해야 함

(4) 증상

- ✓ 색소 저해제는 감수성 식물에서 잎이 하얗게 변함(백화/알비노;bleaching)
- ✓ 떡잎과 본엽에 모두 증상이 나타날 수 있음
- ✓ 잎이 백화 되는 것은 정맥 내(주로 Norflurazone 사용) 및 정맥 사이(주로 Clomazone 사용)에서 관찰됨

PPO (Protox) 저해제의 일반적 특성

- ✓ 접촉형 제초제
- ✓ 제초활성을 위해 광에 의존적임
- ✓ 일년생 화본과 및 광엽잡초 방제
- ✓ 빠른 탈수 및 탈색
- ✓ 물에 대한 용해도가 낮고 토양에 쉽게 흡착됨
- ✓ 높은 광분해 및 낮은 잔류 독성
- ✓ 이행성 및 선택성이 낮음



Carotenoid 생합성 저해제

Phytoene desaturase (PDS)

4-Hydroxyphenyl pyruvate dioxygenase (HPPD)



Carotenoid 의 생리적인 기능

- ✓ 보조 안료: 흡수된 빛(400~500 nm)을 엽록소에 전달
- ✓ 항산화제: 광산화로부터 엽록소 보호
- ✓ 광계조립, 광형태형성
- ✓ 수분매개자 유인
- ✓ 항산화제로서의 화학예방적 역할: 항암제 등
- ✓ 동물에서 비타민 A의 전구체
- ✓ 환경 스트레스에 대한 적응: ABA, Xanthophyll cycle
- ✓ β -카로틴: 당근 뿌리의 주황색
- ✓ 틸라코이드 막의 필수 구성성분

PDS 저해제에 의한 증상

- ✓ 감수성 식물의 점진적인 미백(표백) - 색소 손실
- ✓ 생육의 정지
- ✓ 조직 괴사 후 고사



아미노산 생합성 저해 제초제의 작용기작

(MoA of Amino acid biosynthesis inhibitor)

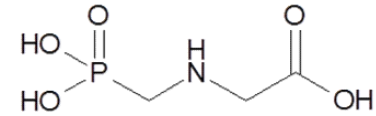
- (1) 식물에 있어서 단백질 형성에 가장 중요한 아미노산 생합성을 저해함으로써 식물에 살초작용을 일으키는 제초제를 지칭함
- (2) 아미노산 생합성에 관여하는 효소에 따라 ALS inhibitor, EPSPS inhibitor, GS inhibitor 등으로 나뉨
- (3) 아미노산 생합성 저해 제초제의 종류 및 특성
 - ✓ Glufosinate (바스타), glyphosate (근사미; 라운드업; 터치다운), imazapyr, bensulfuron, pyrazosulfuron, flucetosulfuron, pyribenzoxim, metsulfuron, chlorosulfuorn
 - ✓ 대부분은 glyphosate와 glufosinate를 제외하고 토양과 경엽처리에 제초 활성을 가짐
 - ✓ 식물체 전체로 이행하는 특성을 가짐
 - ✓ 제초제에 따라 토양 잔류 활성을 가짐
 - ✓ 일반적으로 제초 활성을 위한 사용약량이 낮음

(4) 아미노산 생합성 저해 제초제의 대표적 증상

- ✓ 화본과에서는 생육부진, 보라색 착색, “bottle-brush” 모양의 뿌리 억제 등
- ✓ 광엽식물의 경우에는 적색 또는 자주색 잎맥의 형성, 새로운 잎 조직의 황변화 및 말단 생장의 흑색화
- ✓ Roundup 또는 Touchdown의 처리에 의한 증상은 초기 황변 후 해당 조직의 고사가 진행됨



글라이포세이트(Glyphosate)



N-(phosphonomethyl) glycine

- ✓ 1971년 제초활성이 발견됨 (Bird et al.)
- ✓ 개구리밥(*Lemna minor*)에서 방향족 아미노산의 생합성이 저해되는 것을 확인(Jaworski, 1972)
- ✓ 글라이포세이트의 제초 작용점이 EPSPS임이 확인됨(Steinrucken & Amrhein)

EPSPS의 중요성

- ✓ 방향족 아미노산(트립토판, 티로신, 페닐알라닌) 생합성의 중요한 효소임
- ✓ 방향족 아미노산은 식물의 건물중의 35%를 차지함
- ✓ 식물에서 탄소동화량의 20%가 시킴산(shikimate) 경로(pathway)를 지남
 - 비타민, 리그닌, 알칼로이드, 플라보노이드 등의 합성
 - 광합성 탄소 동화에서 생성된 erythrose-4-phosphate에서 크리스민산(chorismate)로의 경로는 다른 많은 중요한 대사 산물과 공유됨

글라이포세이트(Glyphosate)의 제초활성

- ✓ EPSPS 저해함으로써

- erythrose-4-phosphate(E4P) & PEP로부터 코리스민산(Chorismate) 생합성을 저해함

- 방향족 아미노산 생합성의 핵심 탄소원 저해

- 코리스민산 결핍 및 시킴산(shikimic acid) 축적

- 방향족 아미노산 생합성 저해

제초활성의 주요 원인

- ✓ 코리스민산 생합성 차단

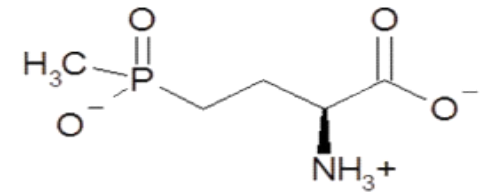
- 방향족 아미노산, 리그닌, 플라보노이드, 알칼로이드 생합성 저해

- ✓ 광합성 탄소화물 대사 방해

- 광합성 및 탄수화물 대사 작용에 영향



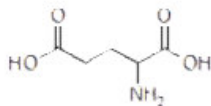
글루포시네이트(Glufosinate)



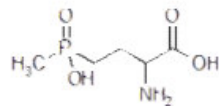
- ✓ 방선균의 일종인 *Streptomyces viridichromogenes*의 대사산물(Bialaphos)로 처음 발견됨 (1972)
- ✓ *Streptomyces hygroscopicus* 배양 배지에서 Tripeptide 발견 (1973)
- ✓ Glutamine synthetase (GS)가 Bialaphos의 표적 부위로 밝혀짐
- ✓ Bialaphos 상용화(1984)
 - ➔ Bialaphos는 제초 활성이 없지만 대사 산물은 제초 활성을 보임
 - 대사산물이 글루포시네이트임

글루탐산의 구조적 유사체

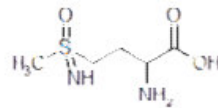
- ✓ GS 저해제는 구조적으로 글루탐산과 유사함



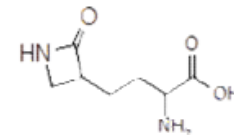
Glutamate



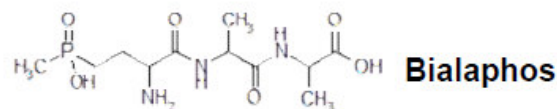
Glufosinate



Methionine sulfoximine



Tabtoximine β-lactam



Bialaphos

글루포시네이트에 의한 생리적 반응

암모니아(NH_3)와 ROS의 축적

- ✓ 질산염(NO_3^-) 환원 저해로 인한 암모니아 축적
- ✓ 광호흡에서 글리신-세린 전환 저해로 인한 암모니아 축적
- ✓ 막수송 양성자의 전위 감소로 인한 세포 독성 증가
- ✓ 축적된 암모니아는 틸라코이드 막 및 원형질막에 존재하며 분해제 역할을 하여 막수송 전위 기울기를 감소시키고 이온 수송을 방해함

아미노산의 양 변화

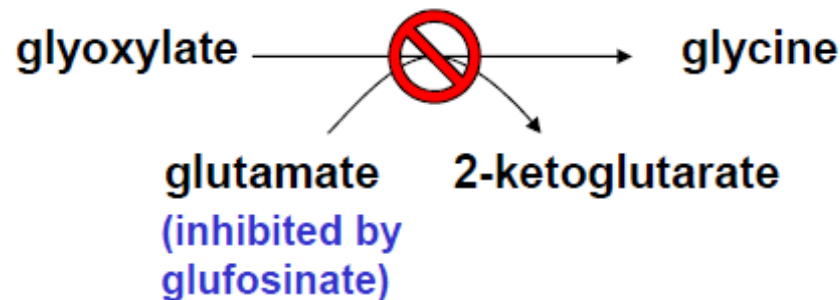
- ✓ Glutamine synthetase/glutamate synthase cycle 저해로 인한 감소
- ✓ 암모니아로의 전환 촉진(이화작용)으로 인한 감소
- ✓ 감소하는 aa: 글루타민, 글루탐레이트, 아스파라긴, 아스파르테이트, 알라닌, 글리신, 세린
- ✓ 증가되는 aa: 이화작용이 느린 발린, 류신, 이소류신, 티로신, 트립토판, 페닐알라닌
- ✓ 감소한 아미노산의 단백질에 의한 회복: 글루포시네이트가 처리된 식물의 40%가 회복됨

광합성의 저해

✓ 광호흡 글리옥실레이트-글리신 전환의 제한

→ 글리옥실레이트(Glyoxylate)는 ribulose-bisphosphate carboxylase(RuBP carboxylase)를 억제

→ 글리옥실레이트가 글리신(glycine)으로 전환되지 않아 축적되면 축적된 글리옥실레이트가 RuBP carboxylase를 억제하여 캘빈회로의 탄소원으로 작용



ALS 저해제에 의한 증상

- ✓ 화본과 식물은 생육부진이 일어나며, 엽맥사이가 황변(백화) 또는 자주색으로 변함
- ✓ 광엽 식물도 생육부진과 함께 엽색이 황백화 또는 자주색으로 변함



설폰닐우레아(sulfonylurea) 제초제

- ✓ 설폰닐우레아계 제초제는 1982년에 처음으로 상업화됨
- ✓ 적은 약량으로도 높은 수준의 살초효과를 보여주는 계열의 제초제
- ✓ 구조를 약간만 바꿔도 하나의 작물에서 다른 종으로의 선택성이 바뀜
- ✓ 예로, 밀, small grain, 콩, 벼, 유채, 옥수수, 감자, 땅콩, 사탕수수 등의 작물에서 하나 또는 여러 설폰닐우레아 제초제에 대한 내성을 가지고 있음

특성:

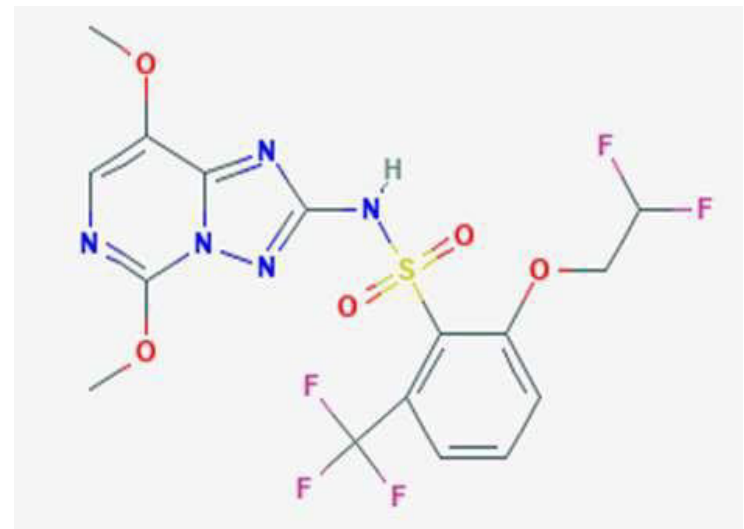
- ✓ 설폰닐우레아 제초제는 광엽 잡초를 방제하기 위해 사용됨
- ✓ 몇몇의 설폰닐우레아 제초제는 일년생 및 다년생 화본과를 방제할 수 있음
- ✓ 또한 일년생 및 다년생 화본과/광엽잡초의 방제를 위한 비선택성 용도로 많이 사용됨
- ✓ 토양처리 뿐만 아니라 경엽처리로도 제초활성을 보여줌

이행:

- ✓ 설폰닐우레아 제초제는 뿌리 및 지상부로 흡수되어 물과 및 체관을 통해 생장점 부근으로 이행함

Penoxulam

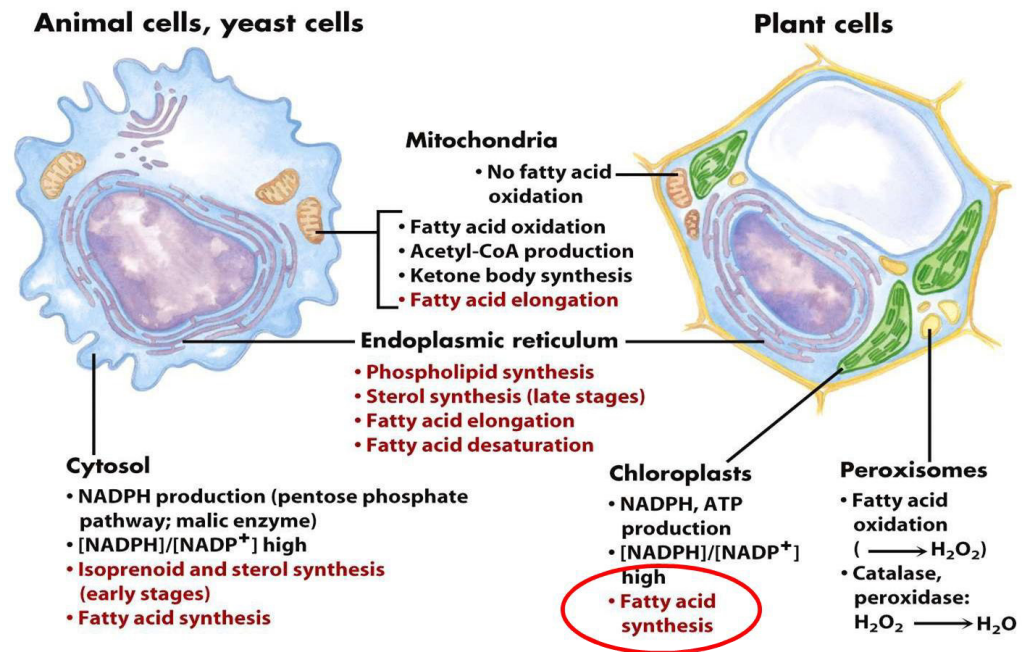
- ✓ 페녹솔람은 Dow Agrosience 에서 개발한 트리아졸로피리미딘 계 제초제
- ✓ 논 잡초 중 피 종에 살초 효과가 있는 논 잡초 방제용으로 2004년 국내 최초로 경엽 및 토양 처리 제초제로 등록됨(상품명:살초대첩)
- ✓ 현재는 논 잡초 방제를 위해 많은 아시아 국가에 등록됨
- ✓ 2009년 이후 국내에서 제초제 저항성이 보고되었음(임수현 등, 2009)



2-(2,2-difluoroethoxy)—6-(trifluoromethyl-N-(5,8-dimethoxy[1,2,4] triazolo[1,5,-c]pyrimidin-2-yl)) benzenesulfonamide

지질(lipid)의 기능

- ✓ 지질은 식물에서 수많은 기능을 수행
- ✓ 카스파리안 스트립의 내배엽 세포를 둘러싼 세포막, 큐티클 및 수베린의 핵심 구성 요소
- ✓ 지질은 또한 세포 내에서 연료 분자 및 신호 분자 역할을 함
- ✓ 세포 분열에서 세포막의 발달은 세포 생존에 매우 중요하므로 이를 구성하는 지질의 형성을 저해하게 되면 식물을 성공적으로 고사시킬 수 있음



지질 생합성 저해 제초제의 작용기작

(1) 화본과 식물에서 지질 생합성을 방해함으로써 살초 작용을 함. 식물 세포와 세포 소기관은 모두 지질막으로 구성되어 있기 때문에 지질 생합성을 저해하면 분열 조직 영역의 세포막 형성에 영향을 미침

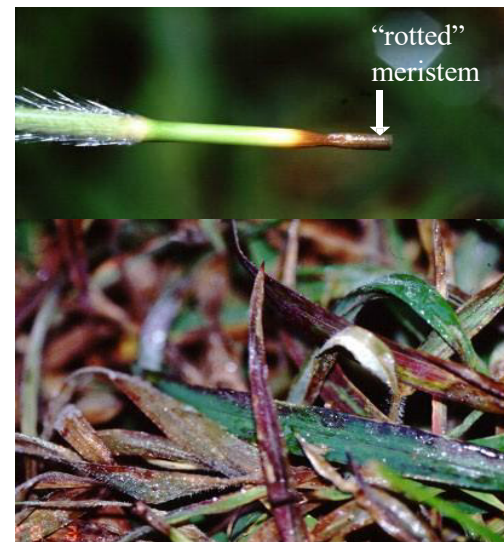
(2) Cyhalofop, Fenoxaprop, Metamifop, Diclofop Sethoxydim 등

(3) 지질 생합성 저해 제초제의 특성:

- ✓ 모든 지질 생합성 저해제는 경엽 처리제임
- ✓ 체관부를 통해 생장점 조직으로 이행함
- ✓ 일년생 및 다년생 화본과에만 효과가 있음

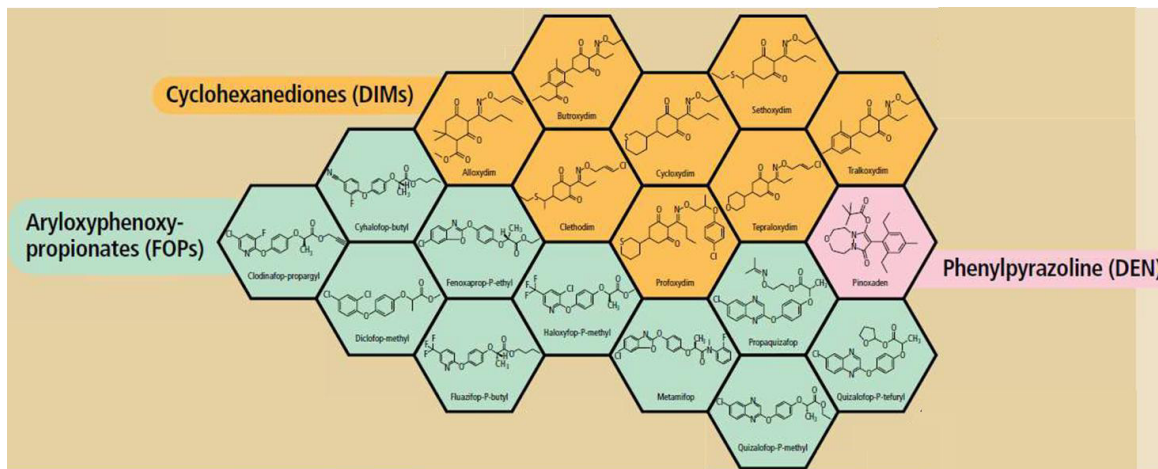
(4) 증상

- ✓ 분열 조직 영역의 초기 증상은 가장 최근의 잎이 발달하는 곳에서 발생
- ✓ 잎이 발달하는 곳에서 백화가 시작되며 괴사가 뒤따름
- ✓ 증상이 나타나는 생장점은 썩게 되어 나머지 식물과 쉽게 분리됨
- ✓ 증상은 천천히 나타남(7~14일)



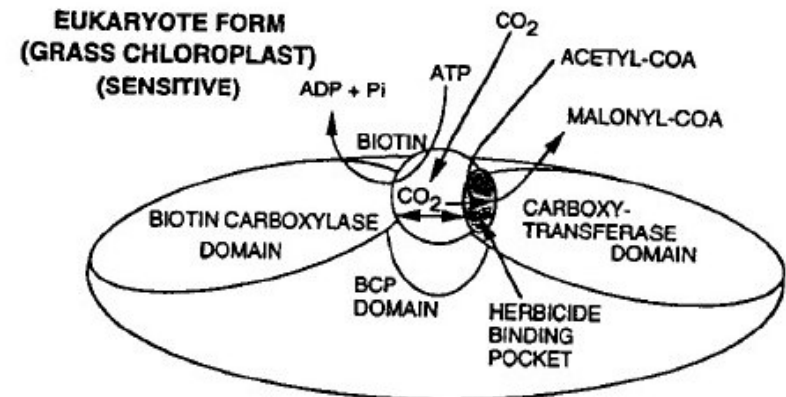
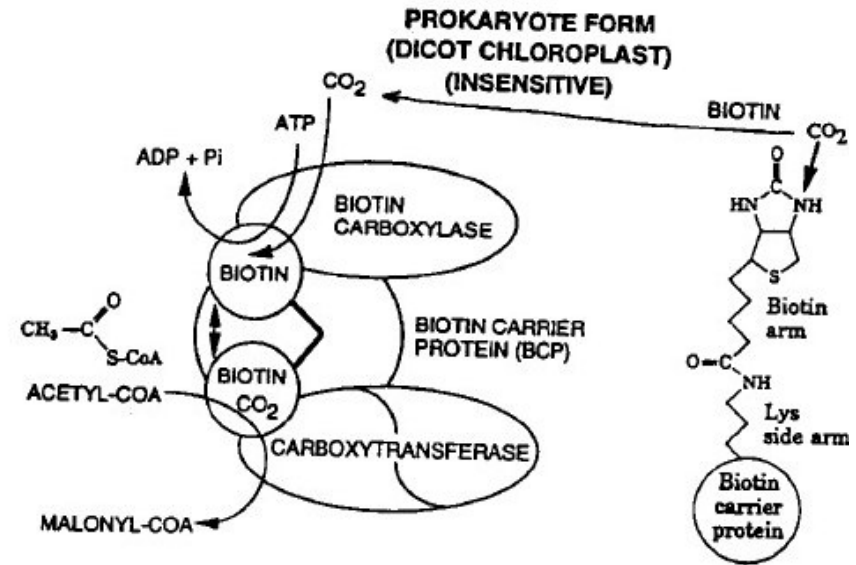
ACCase inhibitor의 작용 기작

- ✓ 처리: 화본과 발아 후 경엽처리
- ✓ 이행: 잎을 통해 흡수되어 symplast pathway로 생장점으로 이행
- ✓ 증상: 7~10일 내로 생육이 멈춤, 새로운 잎이 괴사
- ✓ 작용기작: 일반-생장점활성을 정지시키는 지질 생합성 저해제
특이적 효소-ACCase가 제초제와 결합하여 지질을 생합성이
멈추고 세포막을 형성하거나 유지할 수 없음
- ✓ 저항성 기작: 일부 잡초에서 ACCase가 변형되어 제초제가 결합되지 않음



쌍자엽과 단자엽 잡초 사이의 ACCase 저해제 선택성 기작

- ✓ 쌍자엽식물은 ACCase 효소가 제초제에 결합하지 않기 때문에 ACCase 저해제에 자연적으로 내성이 있음
- ✓ 단자엽 식물과 쌍자엽 식물 ACCase 효소는 근본적으로 다르며 이러한 차이가 제초제 선택성의 기초를 만듦
- ✓ 단자엽 식물에서만 발견되는 ACCase의 다중 도메인 형태는 ACCase 저해제에 의해 유일하게 완전히 저해됨
- ✓ 작은 곡물(밀과 보리)과 풀이 무성한 잡초의 ACCase 효소 사이의 미묘한 차이로 인해 디클로팍과 같은 선택적 제초제를 사용하여 이러한 작물의 야생 귀리를 제어할 수 있음



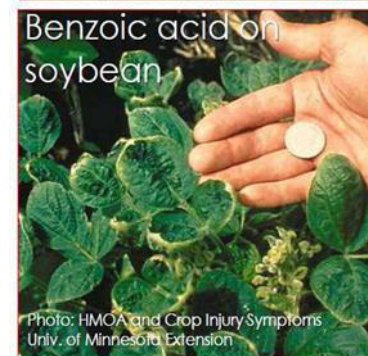
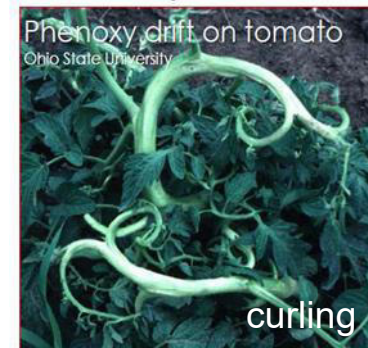
옥신 활성 제초제의 작용기작

(MoA of Auxin action herbicide)

- (1) 식물의 정상적인 호르몬 균형을 깨뜨리는 제초제로 세포 분열, 세포 성장, 단백질 합성 및 호흡과 같은 여러 식물 과정에 영향을 미치며, 생장조절(정) 저해 제초제라고도 불림
- (2) 2,4-D, 2,4-DB, MCPA, MCPP, Dicamba, Quinclorac, Florypyrauxifen-benzyl
- (3) 옥신 활성 제초제의 특성
 - ✓ 1940년대 영국과 미국의 과학자들 사이에서 개발된 최초의 선택적 유기 제초제
 - ✓ 일반적으로 엽면처리용으로 사용하며 곡물 작물에서 광엽 잡초 방제를 위해 사용
 - ✓ 토양 잔류 활성이 있으며 토양 잔류기간은 제초제에 따라 다름
 - ✓ 휘발성이 있는 제초제도 있음→Dicamba
 - ✓ 잎이나 뿌리에서 생장점 부위로 이행함
 - ✓ 제초 활성은 제초제에 따라 다르나 주로 광엽을 방제하며 종류에 따라 화본과에도 영향을 줄 수 있음
 - ✓ 내성을 가진 화본과에 대한 선택성은 제한된 이행, 향상된 대사체, 형성충의 부족으로 인한 것이 원인임, 광엽식물에서의 선택성은 제초제가 무독성의 형태로 대사되기 때문임

(4) 옥신 활성 제초제의 대표적 증상

- ✓ 광엽 식물의 줄기가 비틀어지며 꼬임 증상이 나타남 (stem curling)
- ✓ 광엽 식물의 잎은 굽음(cupping), 주름이 짐(crinkling), 끈형태(strapping), 및 줄라매는(drawstring) 듯한 증상을 나타냅니다.
- ✓ 화본과 식물의 증상에는 잎이 말림, 주름짐 현상, 겉뿌리가 뭉치거나 기형이 형성되는 현상이 나타남
- ✓ 또한, 불임 및 종자 없는 곡물 형성(마름;blasting)



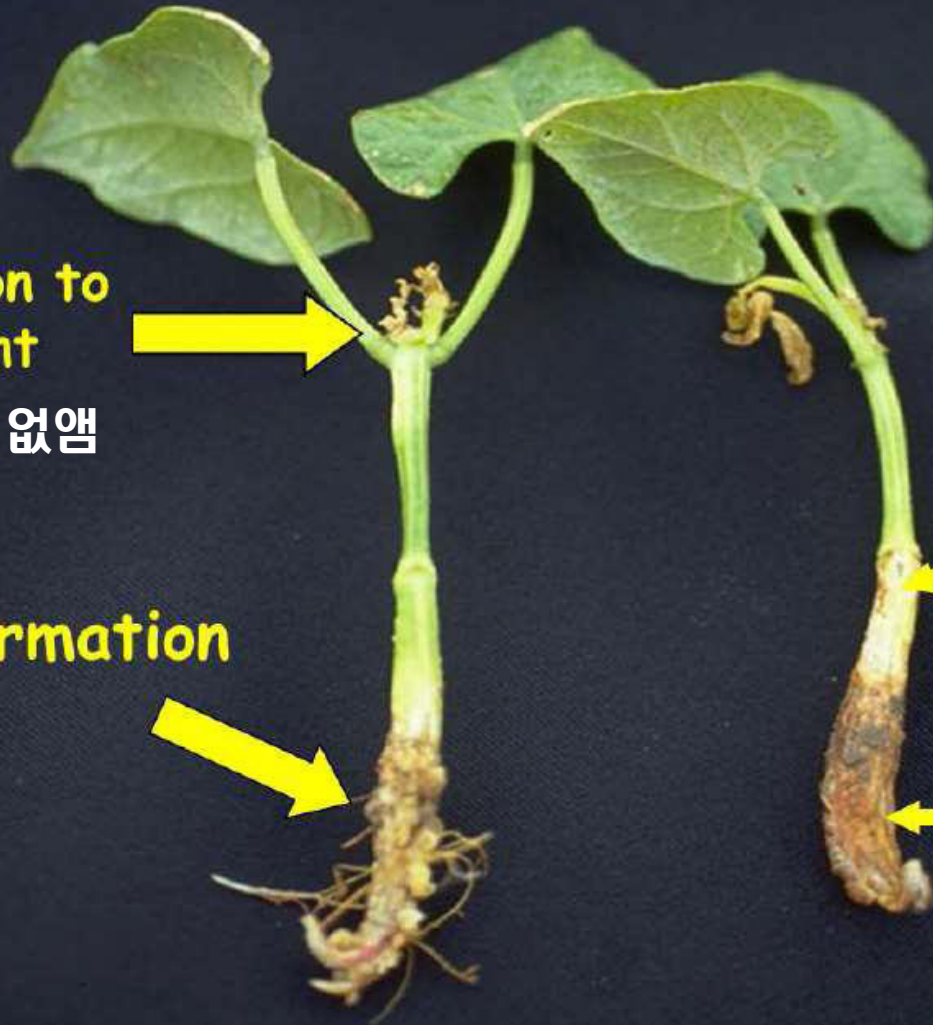
translocation to
growing point

정아우세성을 없앴

callus formation
on roots

swollen
hypocotyl

lack of root
development



옥신 활성 제초제의 선택성

화본과 작물은 옥신 제초제에 **내성**이 있지만 이러한 제초제가 빠른 세포 분열(분열, 개화) 또는 빠른 생육(고온 및 높은 토양 수분) 중에 적용되면 손상이 나타날 수 있음

- ✓ 옥수수과 수수 줄기는 옥신 제초제 처리 후 부러지기 쉬움
- ✓ 밀과 쌀은 2,4-D 처리 후 buggy-whipped 보이고, 종자가 기형으로 형성됨

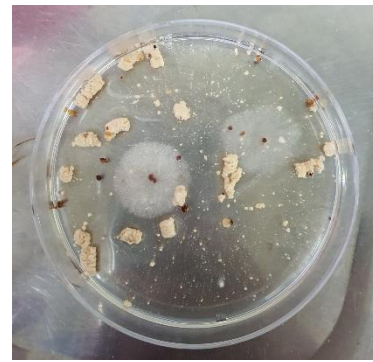
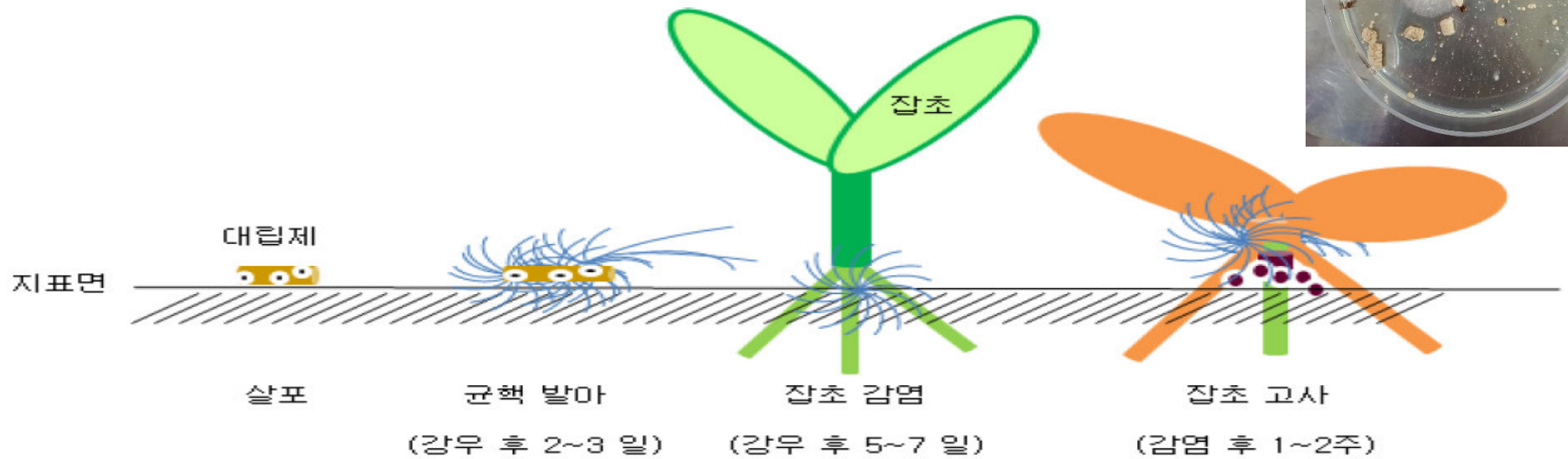


목화 및 포도 등의 광엽작물은 2,4-D, 2,4-DB 및 triclopyr 가 주변에서 처리될 때 비산(drift)에 특히 **민감함**

- ✓ 목화 잎은 좁고 주름이 지고(오크라 같이) 꼬투리는 부리 모양을 보이기도 함
- ✓ 콩(대두), 땅콩, 알팔파는 2,4-DB에 내성을 가지고 있는데 이는 감수성 식물처럼 2,4-D로 전환하지 않기 때문임
- ✓ 그러나 대두는 2,4-DB 처리 후, 잎이 주름지고 물결모양으로 증상이 나타나긴 하지만 이 조건에서 충분히 생육함



균핵 미생물제초제 약효발현 모식도



[목우연구소, 김달수 박사]

미생물제초제 연구-*Sclerotinia* 논잡초 방제효과

- 미생물제초제 후보인 *Sclerotinia* 종의 논잡초 방제효과 확인
- 논의 문제 잡초이며 제초제저항성인 물달개비, 발뚝외풀 등의 방제효과 확인



Untreated control
(무처리)



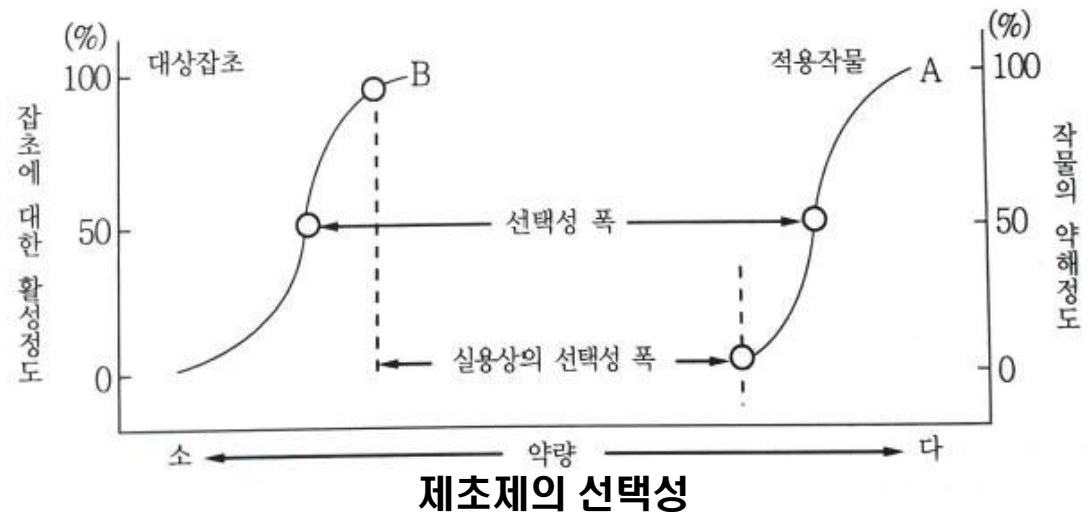
Treated with *Sclerotinia* spp.
(미생물제초제 처리)



10. 제초제 일반

1) 제초제의 선택성(selectivity)

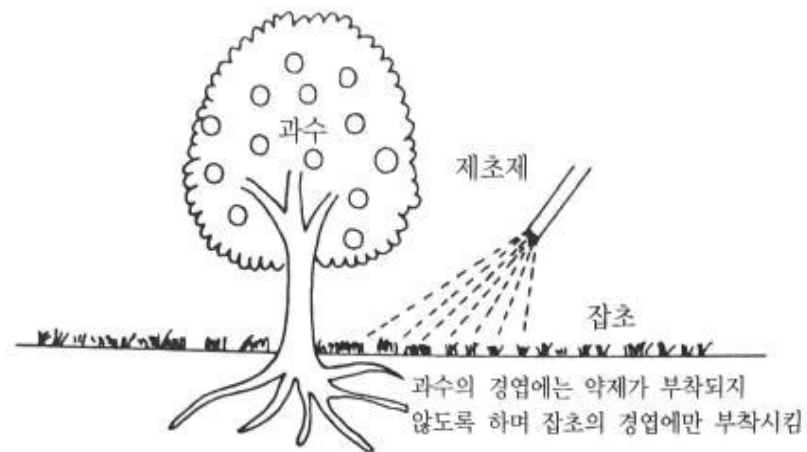
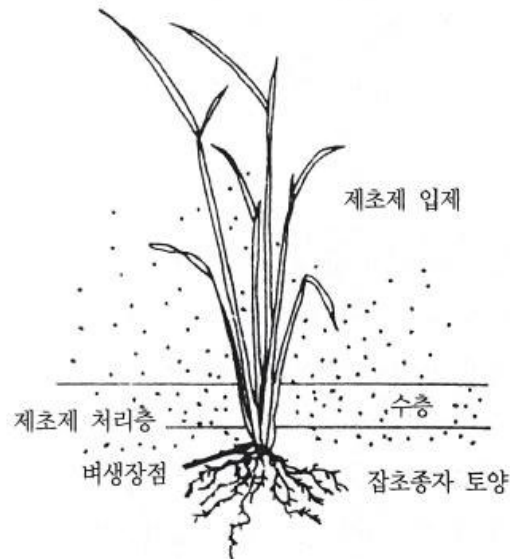
- ✓ 잡초에는 강한 활성을 가지나, 작물, 환경, 동물 등에는 영향이 없어야 함
- ✓ 농작물에는 피해(약해)를 주지 않고 잡초만을 선택적으로 죽이는 현상
- ✓ 제초제에 식물이 민감한 반응을 보이는 것→감수성(susceptibility)
- ✓ 제초제에 식물이 전혀 반응을 나타내지 않는 것→내성(tolerance) 또는 저항성(resistance)
- ✓ 선택성은 제초제에 대한 식물의 감수성 정도의 차이
- ✓ 작물의 품종 간, 작물과 잡초 간, 잡초의 종 간



2) 선택성의 유형

(1) 생태적 선택성(ecological selectivity)→물리적 선택성

- ✓ 작물과 잡초 간의 시간적-공간적 차이에 의한 선택성
- ✓ 작물과 잡초의 생육시기가 서로 다른 점을 이용한 방제법
- ✓ 논에서 벼 이앙 후, 발아 전 제초제를 처리
- ✓ 과수원과 같이 지표면 높이 생장하는 과수와 지표면에 가깝게 생장하는 잡초 간의 높이 차이가 클 때 사용하는 방제법



제초제의 시-공간적 선택성

(2) 형태적 선택성(morphological selectivity)→물리적 선택성

- ✓ 식물의 생장형, 즉 외형차이에 의해 발휘되는 선택성
- ✓ 화본과 식물과 광엽 식물 사이의 제초제 활성 차이
- ✓ 광엽식물의 경우 생장점이 쉽게 노출되어 제초제 활성이 높음, 화본과 식물은 직접 노출되지 않아 피해가 거의 없음
- ✓ 화본과의 경우에도 수잉기에는 약해가 있어 주의해야 함



제초제의 형태적 선택성

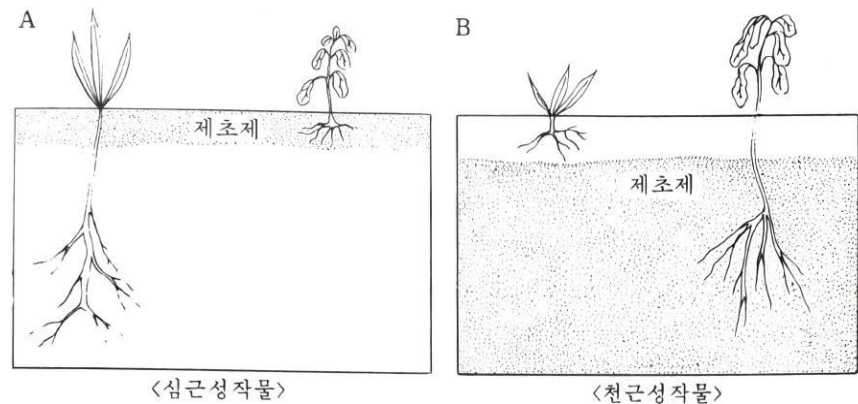
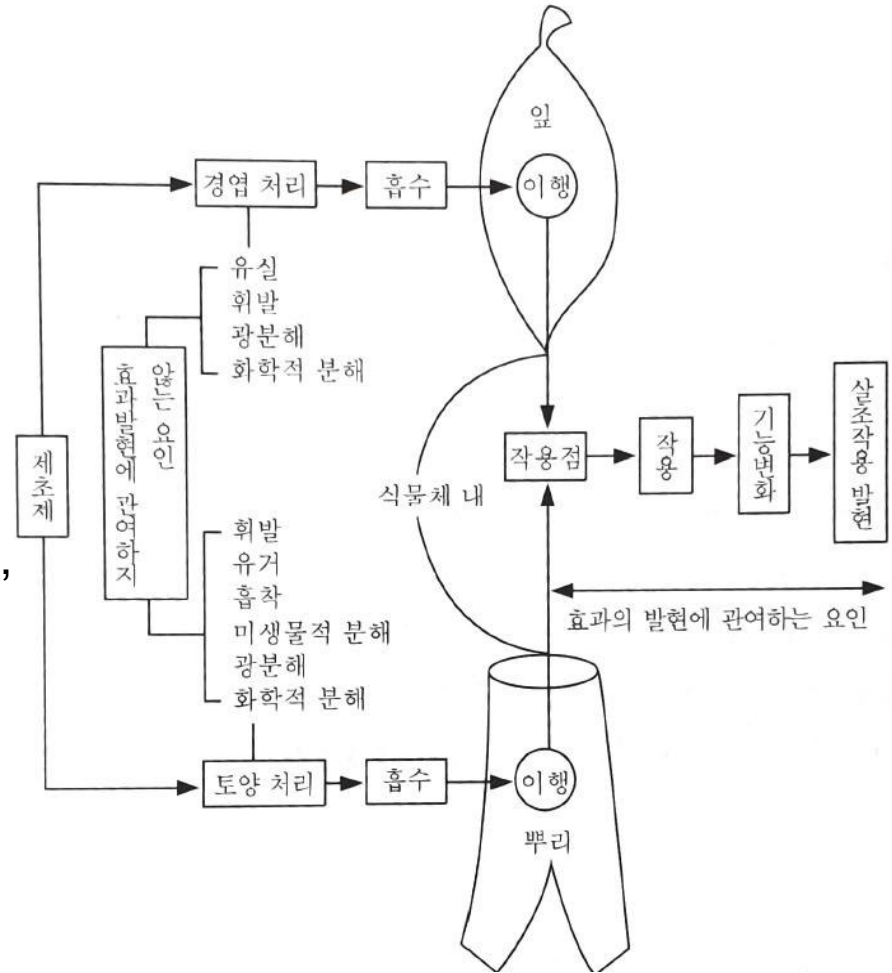


그림 8-3 제초제의 용탈 차이(토양 중 제초제의 위치에 따라 선택성에 차이가 있음)(ASHTON & MONACO, 1991)

- A : 심근성 작물은 토양 표면에 제초제가 남아 있어 영향을 받지 않고 토양 표면 가까이에 남아 있는 잡초는 피해를 입는다.
- B : 천근성 작물은 만일 제초제가 작물 근계 밑으로 이동하면 살아 남고, 심층에서 발생한 잡초는 제초제가 토양 심층으로 용탈됨에 따라 죽는다.

(3) 생리적 선택성(morphological selectivity)

- ✓ 경엽 또는 토양에 처리한 제초제의 흡수, 이행 차이에 의하여 발현되는 선택성
- ✓ 세포막의 물질흡수는 식물의 종류에 따라 달라 종 간 흡수 차이에 의해 발현됨(Glyphosate: 토마토 과실-94%흡수, 고무나무 또는 고추의 과실-1~6%흡수)
- ✓ 흡수된 이후 이행을 하는 경우, 종에 따라 이행에 차이가 생기면 작용점에 도달하는 농도의 차이에 의해 선택성이 발현됨



11. 제초제의 사용

✓ 제초제의 잡초방제 효과:

얼마만큼 적절하게 또 균일하게 처리하는가에 따라 달라짐

농약의 구성



- ✓ 유효성분(active ingredient): 농약으로서 효과를 갖는 성분
- ✓ 원제: 농약의 유효성분이 농축되어 있는 물질로 농약제제의 원료
- ✓ 제제: 유효성분에 보조제 혹은 첨가제를 넣어 여러 형상의 제품을 만드는 과정
- ✓ 제형: 제제의 형태 ex) 액제, 입제, 분제 등

액체시용제
(희석살포제)

액상: 유제, 액제, 액상수화제, 유탁제, 미탁제
분상: 수용제, 수화제
입상: 입상수화제

고형시용제
(직접살포제)

분상: 분제, 미분제
입상: 입제, 미립제
기타: 캡슐제, 수면부상성 입제

종자처리제

특수목적제

1) 제초제의 제형(formulation)

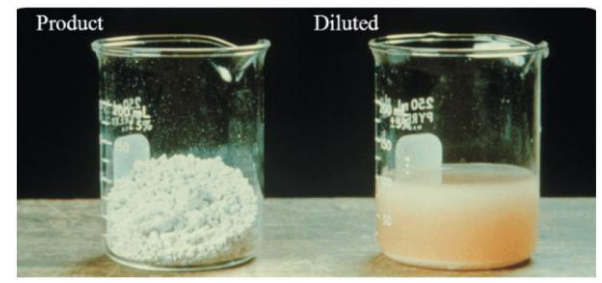
- ✓ 제형: 1) 실제 사용하기 위해 생산자가 공급한 제초제 제품 – 용기 내 모든 내용물(유효성분 및 기타 보조제 포함)
2) 생산자에 의하여 제품을 만들어가는 과정(제제(製劑)) – 목적에 맞게 배합하고 가공하여 일정한 형태를 만드는 것
- ✓ 제형의 목적: 포장조건 하에서 처리하기 쉽게, 처리효과를 증진시키기 위함
보다 안전하여 환경에 오염이 적고, 저독성, 저투여 약량, 여러 성분의 혼용제제화 가능, 사용 후 용기 폐기가 쉬운 방향으로 개발
ex) 계면활성제 등의 물질을 첨가하여 제초 효과를 증진,
액상 제형 등을 만들기 위해 유효성분을 유기용매에 녹이거나
분말 형태를 만들기 위해 점토와 같은 불활성 물질과 혼합

✓ 제형의 종류:

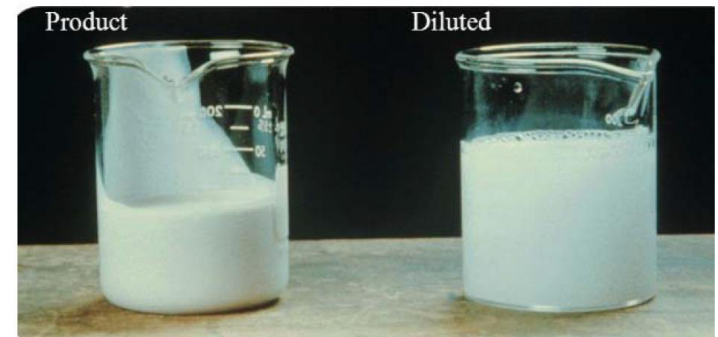
1) 액체시용제(액제): 액체상태 또는 고형이지만 액상으로 처리되는

(1) 유제(emulsifiable concentrate; EC, E): 비극성 액상 제형. 액상 유효성분, 유기용매, 및 유화제로 구성. 액상이 물에 분산되어 **유탁액**을 형성. 살포액은 물로 희석되어 우유와 같은 상태를 띠며 분리를 방지하기 위해 교반해야 함. 고형화 유제(DC), 용출촉진형입제(G), 농후유탁제제(EW), 미탁제(ME), 유현탁액(SE)

(2) 수화제(wettable powder; WP, P): 증량제, 제초제 및 분산제로 구성된 고체를 10 ~20 μm 의 입자크기로 세분화. 물에 직접 분산될 수 있으며 제초제의 유효성분이 유기용매에 녹기 어려운 경우 만듦. 물에 분산되어 **현탁액**이 만들어지면 계속 교반해야 함. 살포액은 유제와 같이 우유상태로 불투명하며 보통 토양처리를 하지만 경엽처리를 할 때는 습윤제가 필요. 과립수화제(WDG/DF), 수성현탁제(FL/SC), 유성현탁제(OF)

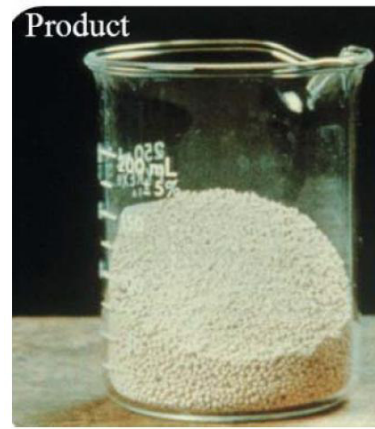


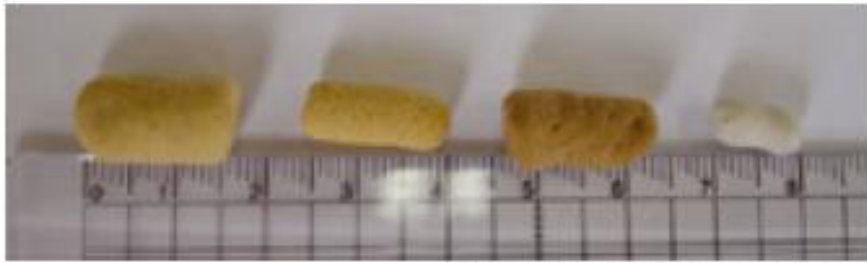
- (3) **수용제**(water soluble powder; SP): **고형인 분말로 유효성분이 수용성이고**
수용성 물질의 증량제를 이용하여 만든 제제로 물에 희석한 살포액이 투명.
경엽처리시 최대 활성을 위해 계면활성제가 첨가되어야 함. 액제(Liquid; L),
수용성액제(SL/SP), 과립수용제(WSG)
- (4) **액상(수성) 수화제**(flowable; FL): **아주 미분화된 고체입자($0.5 \sim 2.3 \mu\text{m}$)가 액상**
내 현탁되어 있는 제제. 입자의 크기가 수화제보다 작음. 희석시킬 때 물에
쉽게 분산되어 유제와 수화제의 중간 정도로 교반함. 살포액은 불투명한
우유상태. 오래두면 침전이 생김. 희석없이 제품을 물에 처리함
- (5) **용액(Solution): 제초제의 유효성분이 물이나 기름에 잘 용해되는 경우에**
제조되는 형태. 물을 용매로 하는 것이 전형적으로 습윤 및 침투를 돕기 위해
물에 계면활성체를 첨가하여 제조



2) 고체시용제(입제; granule; GR, G):

- ✓ 고체의 건조한 상태의 제형으로 논에서 희석없이 바로 처리
- ✓ 살포가 간편, 살포시 물이 필요치 않으며, 잎에 붙지 않고 떨어지기 때문에 약해가 없음
- ✓ 액제만큼 균일한 살포가 어렵고, 바람이나 물에 의해 쉽게 이동하며, 액제보다 부피가 크다는 단점. 최근 입제의 약량을 줄이는 세립제가 상품화되고 있음
- ✓ 증량제로는 보통 점토가 이용되며 그 밖에 전분, 건조 비료 또는 분쇄된 식물체 등도 이용함.
- ✓ 모양에 따라 구형, 절편상, 압출형, 부정형으로 나뉨
- ✓ 논에서 입제의 구조와 조성을 조절하여 유효성분이 서서히 작용하는 입제들도 개발 중에 있음
- ✓ 입제(GR), 방출조절입제, 수면전개입제 등이 있으며 생력용으로 점보(Jumbo/Tablet)m 즉 대형 타블렛형이 있음





〈사진1〉 동방아그로 부유확산성 대립제



〈사진2〉 한국삼공 부유확산성 정제

http://newsam.co.kr/data/photos/200907/pp_1359_2_1246516476.bmp



https://cdn.afnews.co.kr/news/photo/first/201103/img_76987_1.jpg



3) 분제(dust):

- ✓ 유효성분을 talc, 점토광물 등의 고형증량제 및 소량의 보조제와 혼합하여 분쇄한 미분말
- ✓ 유효성분 농도가 1~5%, 분말도가 250~300mesh(입경 46~61 μm)의 미립 가루
- ✓ 제초제로는 거의 사용되지 않고 살충제, 살균제로 많이 쓰임
- ✓ 종자의 도포제로도 많이 쓰임
- ✓ 물 없이 제품을 그대로 살포할 수 있으나 제품이 작물에 고착하는 단점



4) 보조제(additive, adjuvant): 제초효과의 증진 또는 제초제 사용을 용이하게 하기 위하여 사용하는 물질

(1) 계면활성제(surfactant): 유화성, 확산성, 분산성, 습윤성 등을 증진시키거나 약체의 표면성질을 바꾸어 주는 물질. 제초제의 구성분의 용해도 및 유화성의 증진. 제형 안전성의 증대. 다른 물질들과의 조화의 확대. 최종 분무액의 혼합 및 처리 용이 등의 이점. 종류에는 유화제, 습윤제 및 전착제가 있음

- **유화제(emulsifier)**: 하나의 액체가 다른 액체에 현탁되는 정도를 증진시킴. 일반적으로 물에 기름이 분산되도록 함. 물과 기름의 접촉면에서 두 계를 연결해주는 역할을 하며 작은 기름 방울이 모여 큰 방울이 되는 것을 방지
- **습윤제(wetting agent)**: 서로 반발하는 사이의 표면장력을 감소시켜주는 물질. 수용성 살포액에 습윤제를 첨가하면 식물체의 왁스 표면에 보다 쉽게 접촉됨
- **전착제(sticker)**: 식물체의 경엽에 제초제가 부착되도록 하는 보조제. 제초제 약액이 강우에 의하여 씻겨 나가는 것을 감소시킴.
- **증량제(희석제)**: 분제 주성분의 농도를 낮추어 일정한 농도로 유지해주는 것
- **용제**: 약제의 유효성분을 용해시키는 약제, **협력제**: 유효성분의 효력을 증진시키는 약제

(2) 계면활성제의 조건: 제제의 물리화학적 성질에 영향을 주게하며, 주약제가 변형되서는 안되며 작물에 약해를 일으켜서도 안됨

(3) 계면활성제의 특성: 음이온성, 양이온성, 비이온성 및 양면성의 4종류의 계면활성제가 사용되고 있음. 음이온성 및 양이온성은 해리되면 이온화됨, 비이온성은 해리되지 않고 양면성은 해리되면 산도에 따라 음이온 또는 양이온이 됨

- 음이온성: 제초제 제제에 가장 많이 사용**
- 양이온성: 제초제에는 잘 사용되지 않으며 일반적으로 독성이 있어 박테리아와 같은 세균을 효과적으로 살균시키고 경수에서 쉽게 침전**
- 비이온성: 용액 속에서 이온화되지 않아 경수에도 영향을 받지 않고 침전반응을 보이지 않음. 강한 산성용액에서도 사용될 수 있고 독성이 비교적 낮은 특징. 분산제나 유화제로 많이 쓰임. 친수성과 친유성을 동시에 갖고 있음**

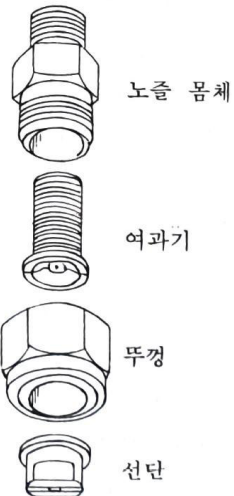
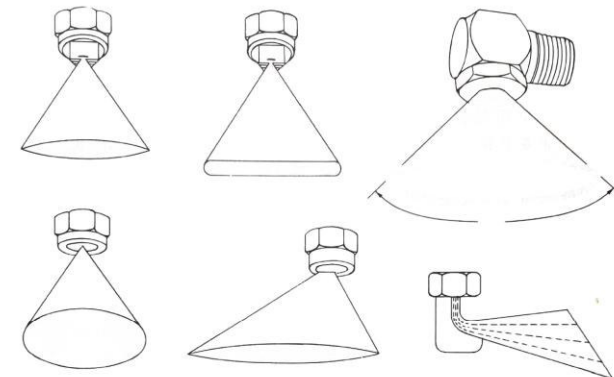
2) 제초제의 처리

- ✓ 제초제는 다양한 형태로 제제되며 여러가지 방법에 따라 처리됨. ex) 산파, 줄뿌림, 점처리 또는 식물체 특정부위에 처리
- ✓ 처리하는 양은 제초제의 종류, 제형, 제제에 따라 몇 g ~ 수십 kg 등 다양
- ✓ 모든 경우 적절하고 균일하게 처리하는 것이 필요
- ✓ 제초제 처리(살포)기구

(1) 분무기(sprayer):

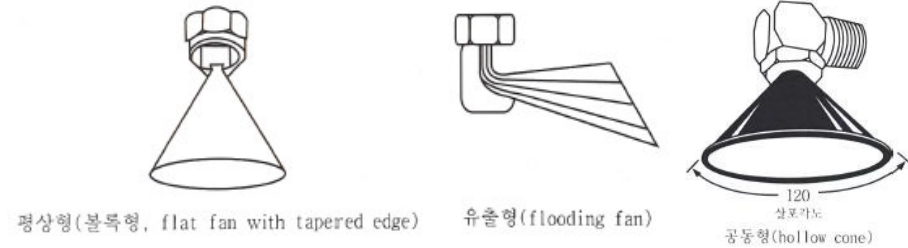
- 대부분의 분무기는 노즐, 용기(탱크) 및 펌프의 세 부분으로 구성
- 세부적으로 여과기, 압력계, 압력조절기, 호스 등이 부착되어 있음
- 노즐(nozzle): 분무기에서 가장 중요한 부분으로 살포량, 살포형태 및 살포 후 입자의 비산정도를 결정. 노즐은 기본적으로 몸체, 여과기, 뚜껑, 및 선단부로 구성되어 있음

- 노즐에 의해 분사되는 분무형태는 노즐의 종류에 따라 다르며 이는 사용목적에 따라 다름
- 입자의 크기가 작으면 표면적이 커져 피복률이 높아짐, 낙하속도가 늦어 비산되기 쉽고 피해를 줄 수 있음



- 노즐에 따른 분무액의 종류 및 용도:

일반적으로 제초제에 사용



flat-fan with tapered edge 노즐: 부채살모양으로 가장자리가 점차 줄어드는 형태

wide angle hollow-cone 노즐: 넓은 각도로 퍼지지만 가운데가 비어 있는 분사형태

용도에 따른 사용

줄뿌리기방식- flat-fan with even-edge, hollow-cone 노즐의 분무각도가 좁은 노즐

- 탱크: 스테인리스스틸, 알루미늄, 고장력 플라스틱 등으로 만듦. 재질은 분무액,

사용기간 등의 조건을 고려하여 선택하지만 일반적으로 모든 경우에 부합하는 재질은 스테인리스스틸 재질임

- 펌프: 기체로 압력을 보내거나 액체에 의하여 압력을 보내는 2가지 방식. 소형 분무기에는 기체-압력방식을 사용하며, 대형의 동력을 이용하는 경우에는 액체-압력방식을 사용. 기체방식에서는 압축공기, 질소 또는 이산화탄소를 이용하며 배부식 분무기의 경우 손으로 압축공기를 만들어 이 압력으로 분사토록 함. 액체-압력펌프는 회전추진기, 원심 또는 터빈, 기어 및 피스톤 등이 이용됨

- 호스: 예상되는 압력이나 진공상태를 견뎌 낼 수 있고 약제에 의해 쉽게 파손되지 않는 합성고무, 플라스틱 또는 내유성물질
- 여과기/정전기: 노즐의 일부분인 도관여과기로 설치하거나 탱크 등의 배출구에 설치. 제제가 균일하게 살포될 수 있도록 불순물이나 물질을 여과시킴
- 압력조절계: 일정한 압력으로 분무가 되도록 조절하는 장치. 스프링 장진형을 사용





Order Made

3) 제초제의 농도(약량)

- ✓ 모든 제초제를 비롯한 농약에는 유효성분(active ingredient)의 함량이 표시되어 있음.
- ✓ 유효성분(active ingredient; a.i.): 제초활성을 나타내는 물질
- ✓ 제초제를 처리할 때는 단위면적당 처리하는 약량을 고려하여 처리하는데 이는 유효성분으로 계산해야 얼마만큼 처리되었는지 알 수 있음
- ✓ 유효성분의 표시는 백분율(한국), 부피에 대한 무게비(w/v), 무게에 대한 무게비(w/w) 또는 ppm으로 나타냄
- ✓ 한국에서는 농약의 사용량은 제품량으로 표시되어 있어 처리시 복잡하게 계산할 필요는 없음

$$\text{제품량(입제)} = \frac{\text{처리할 약제의 무게(유효성분)}}{10\text{진법으로 표시한 } \%(\text{유효성분})}$$

유효성분이 40%인 2,4-D 입제를 1ha에 1000g을 살포할 때 필요한 제품량은?

$$\text{제품량(kg/1ha)} = \frac{1,000\text{g(유효성분)}}{0.4(\%)} = 2.5\text{kg} \quad (2,500\text{g 속에 } 1,000\text{g이 유효성분})$$

4) 혼합제

- ✓ 제초제의 작용력은 제초제의 계통이나 작용기작에 따라 서로 다른 제초특성을 나타내는데 작용기작이 서로 다른 두 가지 이상의 제초제가 생물학적 또는 화학적으로 양립되면 이들을 혼합하여 작용시켜 전체적인 잡초방제비율을 절감하고 제초폭을 확대시키는 효과를 얻음

5) 제초제의 상호작용(interaction)

- ✓ 각기 다른 초종, 또는 병, 충을 방제하기 위해 농약(제초제, 살충제, 살균제)들이 거의 동시 또는 비슷한 시기 처리
- ✓ 동시 혼합 처리를 하여 각각의 효과를 발휘할 수 있으면 가장 경제적, 효과적
- ✓ 혼합처리는 물질 간의 불화합성으로 실용화에 어려움이 따름
- ✓ 제초제간의 혼합처리에서 상호작용으로 인해 단독처리보다 잡초의 살초범위를 확대하고 사용량을 줄여 생산비는 물론 작물에 대한 약해를 경감시키기도 함

(1) 상호작용의 종류:

- ✓ **상승작용(synergism)** – 두 종류의 물질의 혼합 처리 시의 반응이 단독으로 처리한 반응을 각각 합한 것보다 크게 나타나는 것
- ✓ **상가작용(addition)** – 두 종류의 물질의 혼합 처리 시의 반응이 두 종류를 단독으로 처리한 반응의 합계와 같게 나타나는 것
- ✓ **독립효과(independent effect)** – 두 종류 물질의 혼합 처리 시의 반응이 단독 처리했을 때 반응이 큰 쪽과 같은 효과를 나타내는 것
- ✓ **길항작용(antagonism)** – 두 종류 물질의 혼합 처리 시의 반응이 단독처리 시의 큰 쪽 반응보다 작게 나타나는 것
- ✓ **증강효과(enhancement)** – 단독으로 처리할 때는 아무런 반응을 나타내지 않으나 제초제와 혼합 처리 시 효과가 나타나는 것(adjutant 등의 처리)

제초제의 활성 측정

- ✓ 잡초에 대한 효과를 측정할 때는 무처리 대비 초장, 분얼수, 생체중, 건물중 등을 측정
- ✓ 초장, 본수 등은 제초제 처리 후 일정 간격 (10일, 20일, 30일)으로 측정 가능
- ✓ 수치적으로 측정할 수 있는 초장 및 본수 조사와 달리 달관조사(육안평가)를 통하여 가시적으로 보이는 식물의 상태를 scoring 도 할 수 있음
- ✓ 생체중 및 건물중의 경우 최종 조사일에 수행되는 파괴적인 조사
- ✓ 작물의 경우, 수량이나 수량구성요소에 미친 영향을 조사하여 평가

[표 10-2] 약해평가 0~100 단위 체계

등 급	주 평가기준	세부평가기준
0	무 해	작물감소나 해가 없음.
10 20 30	약 해	약간 변색 또는 생장억제 몇몇 작물 변색·생장억제·생장억제 소실 약해가 비교적 뚜렷하지만, 지속적이지 않음.
40 50 60	중 해	중정도 약해, 약해에서 보통 회복됨. 약해가 비교적 지속적이고, 회복은 의심이 감. 약해가 지속적이고, 회복이 안 됨.
70 80 90	심 해	약해가 심하고, 결주가 있음. 거의 고사하고, 약간만 살아 있음. 단지 드물게 살아 남음.
100	완전해	완전히 고사함.

[표 10-3] 작물약해의 평가기준

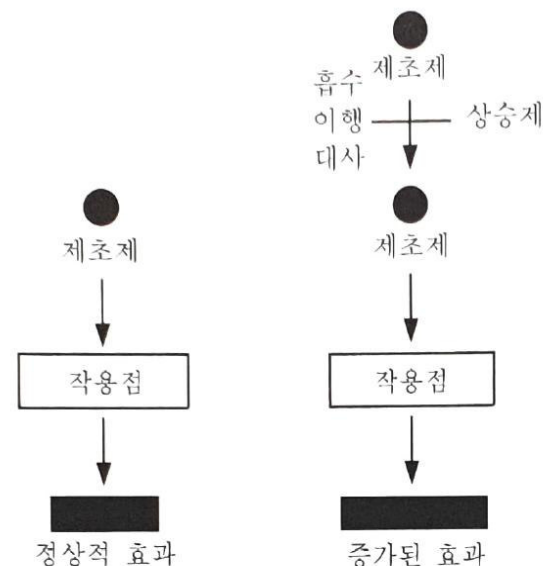
〈유럽 잡초학회〉		
평가 기준	피해율(%)	약해증상
1	0	무해
2	1.0~3.5	약간의 변색
3	3.5~7.0	일시적이며 경미한 약해
4	7.0~12.5	경미하지만 지속적인 약해
5	12.5~20.0	중정도의 지속적인 약해
6	20.0~30.0	큰 약해
7	30.0~50.0	극히 큰 약해
8	50.0~99.0	거의 대부분 고사
9	100	완전 고사

[표 10-4] 제초효과평가 0~100 단위 체계

등 급	주 평가기준	세부평가기준
0	무방제	방제효과가 없음
10 20 30	약간 방제	매우 낮은 방제 낮은 방제효과 낮음~불충분한 방제
40 50 60	중정도 방제	불충분한 방제 불충분~중정도의 방제 중정도의 방제
70 80 90	대방제	약간 만족하지 못한 방제 만족~좋은 방제효과 매우 좋음~대단히 좋은 방제
100	완전 방제	완전한 방제

(8) 제초제의 상호작용의 메커니즘

- ✓ 상호작용의 작용 메커니즘은 매우 복잡, 대부분 활성물질이 어느정도 활성상태로 작용점에 도달하느냐에 따라 결정
- ✓ 제초제의 식물체내로의 흡수, 이행 및 분해 과정과 세포 내 작용점의 생리, 생화학적 작용 등에 영향을 미쳐 일어남
 - 상승작용(synergism): 서로 다른 종류의 물질(제초제/첨가제)들을 혼합하여 처리될 때 상승제(synergist)의 역할을 하여 나타남. 제초제의 흡수, 이행을 촉진시키고 분해를 감소시켜 상승작용을 나타냄.
 - 아세트아닐라이드계 제초제와 디니트로아닐린계 제초제의 상승작용은 디니트로아닐린계가 세포분열을 억제하고 아세트아닐라이드계가 방추사에 있는 단백질 합성을 억제하여 발현.
 - P450 억제제인 Piperonyl butoxide와 설폰닐우레아계 제초제를 같이 처리하면 약해가 증가



- 길항작용(antagonism): 두 화합물간 길항작용은 1) 생화학적, 2) 경합적, 3) 생리적, 4) 화학적 길항작용으로 나뉨

- 생화학적 길항작용: 길항제(antagonist)가 제초제의 식물체 내 흡수 및 이행을 감소시키거나 식물체 내 제초제의 분해를 촉진시킴
 - ➔ Picloram 과 Bromacil, 2,4,5-T 및 Glyphosate 간에 길항작용 있음
- 경합적 길항작용: 길항제가 제초제의 작용점에 결합되지 못하도록 방해해서 발생하는 작용으로 동일한 결합점을 두고 두 종류의 화합물이 경합해서 발생하는 작용.
 - ➔ 제초제 Trifluralin 과 살충제 Phorate를 목화에 처리할 경우, 두 약제 모두 뿌리에서 흡수되는데 흡수부위에 있어 경합이 발생하여 길항작용을 나타냄
- 생리적 길항작용: 두 종류의 화합물이 서로 다른 작용점에 작용하나 동일한 생리적 과정에 길항적인 반응을 보이는 것.
 - ➔ Glyphosate 를 수수에 처리할 때 생장조절제cytokinin을 사용하면 살초작용이 감소하는데 제초제에 의해 줄기 기부가 팽창하는데 cytokinin이 처리되면 팽창하는 정도가 현저히 감소
- 화학적 길항작용: 길항제가 제초제와 화학적으로 반응하여 제초제를 불활성 화합물로 변화시키는 것. 불활성 정도는 화합물의 농도에 비례
 - ➔ Glyphosate 의 경우, 금속 양이온이 존재하면 결합하여 살초력이 감소

(9) 제초제와 타 화합물과의 상호작용

- 제초제와 제초제:

- ✓ **최근 잡초방제를 2~3종의 제초제를 혼합처리가 보편화됨**
- ✓ **혼합처리의 이유는 잡초의 방제범위를 확대하기 위함.**
- ✓ **화본과, 광엽을 동시에 방제하기 위한, 특정 제초제에 대한 제초제 저항성 잡초의 발현을 지연시키거나 제초제 저항성 잡초를 방제하기 위한 혼용이 증가**
- ✓ **물리, 화학적 성질을 달리하는 제초제 혼합 시 작물이나 잡초에 역작용을 나타내는 경우도 있음(상승작용과 길항작용)**

- 제초제와 살균제:

- ✓ **제초제와 살균제의 혼합제가 고등식물에 미치는 영향에 대한 연구는 많이 없으나 보통 두 화합물 사이는 길항적인 관계인 것으로 보고됨**

- 제초제와 살충제:

- ✓ 작물생산에서 살충제와 제초제를 동시 또는 근접 살포하는 경우가 있으나 두 화합물사이에는 역작용이 많이 나타나는 것으로 알려짐
- ✓ 많은 계열의 제초제가 Organophosphate, Methyl carbamate 계 살충제와 상승관계에 있으나 다른 살충제는 크게 상승작용이 없다고 알려짐
- ✓ 같은 제초제와 살충제의 조합으로 서로 다른 작물에 처리하였을때 나타나는 상호작용이 반대인 경우도 있음(콩/땅콩과 목화에 Metribuzin과 Organophosphate 계 처리시)

- 제초제와 생장조절제:

- ✓ 제초제의 약해를 경감시키는 해독제는 생장조절제로 분류
- ✓ 생장조절제와 처리시 제초제 약해를 경감시키는 길항적인 작용이 나타남
- ✓ 종류에 따라 제초제의 독성을 증가시키기도 함

- 제초제와 보조제(부제; adjuvant):

- ✓ 보조제(adjuvant)는 제초활성이나 살포성을 증대시키기 위하여 첨가되는 물질(계면활성제, phytobland oil)
- ✓ 보조제의 제초제 활성에 미치는 영향은 보조제-제초제-식물의 상호작용의 결과로 발현됨
- ✓ 식물, 제초제의 종류에 따라 적당한 종류의 보조제를 적정 농도로 사용하면 잡초방제율을 높이고 제초제 유효성분을 적게 사용해도 높은 방제효과를 얻음. 보조제는 제초제 개발 및 제제 시 많이 사용되고 연구되고 있음

- 제초제와 비료:

- ✓ 최근들어 비료가 제초제의 운반매체로 사용되는 것이 보편적
- ✓ 제초제를 비료입자에 코팅하거나 액체비료에 첨가하여 혼용처리
- ✓ 제초제와 비료는 물리, 화학적으로 양립 가능. 혼합처리로 노동력 감소
- ✓ 종류에 따라 상승작용이나 길항작용이 나타남

6) 제초제의 안전사용

농약 및 제초제 사용과 관련한 안전 고려사항

- ✓ 효율적인 잡초방제는 최적 약량의 제초제 처리를 균일하게 하는 것
- ✓ 저약량 처리보다 과량의 약량 살포는 심각한 문제를 야기
- ✓ 과량살포는 작물에 약해 뿐만 아니라 후작물에 대한 잔류로 해를 줄 수 있음
- ✓ 적절한 양의 제초제와 함께 비산이 일어나지 않도록 하는 것이 좋음
- ✓ 농약의 경우, 맹독성, 고독성, 잔류성으로 유독성을 구분하나 제초제는 보통독성의 농약으로 안전사용기준에 제한을 받지 않음
- ✓ 선진국에서는 살포횟수, 시기 및 살포 금지기간을 설정하여 적기 적량 살포 유도
- ✓ 식품위생 및 환경보호를 위한 잔류허용한계량 설정하여 규제
- ✓ 농약사용으로 인한 부작용은 인체독성, 작물약해, 농축산물 및 토양오염, 수생동식물에 영향, 생태계에 대한 영향이 있을 수 있음
- ✓ 제초제는 작물약해, 농약처리 시 인체접촉에 의한 피해, 수생동식물 및 환경에의 영향을 주의
- ✓ 제초제는 1작기 1회 사용이 보통이며 횟수나 약량이 적어 여러가지 경로로 분해되어 쉽게 불활성화되기에 크게 염려할 필요는 없음

농약사용 안전수칙

- ✓ 농약 포장지에 부착된 사용방법 숙지
- ✓ 제초제 살포 시 방제복, 마스크, 장갑, 장화 등 안전장비 착용 및 제초제 접촉 피하기
- ✓ 살포자의 건강상태가 좋아야 함
- ✓ 살포 도중 음주 및 음식섭취 피하고 손을 깨끗이 씻음
- ✓ 살포 도중 약액이 묻었을 경우 바로 세척하는 것이 좋음
- ✓ 살포 후 분무기 또는 용구들을 깨끗이 씻음
- ✓ 농약을 담았던 빈 병은 종류 별로 정해진 곳에 모으고 봉지나 포장지 등은 소각
- ✓ 농약 살포 후 어지럽거나 메스껍거나 두통이 있으면 즉시 의사와 상담



농약의 명칭

- **일반명** : 유효성분의 이름을 단순화시킨 것으로 국제적으로 통용 ex) mancozeb
- **품목명** : 영문일반명을 한글로 표시 + 제형 ex) 만코제브 수화제
- **상표명** : 농약 제품화할 때 회사에서 붙이는 이름



대상작물, 적용병해충,
사용량 및 사용시기

한국작물보호협회>
작물보호제 도우미>
작물보호제 지침서> 검색

제초제
K3+C1

농약

등록번호:6-제초-239
저독성(생태독성Ⅲ급)

SB

스워드

품목명 : 펜트라자마이드 · 시메트린 유제

- ⚠ 사용 전에 표기내용을 잘 읽을 것
- ⚠ 표기내용 표시사항 이외에는 사용하지 말것
- ⚠ 어린이 손이 닿는 곳에 놓거나 보관하지 말것

⚠ 해독 및 응급처치 방법

1. 중독 증상이 있을 때는 즉시 작업을 중지하고 안정을 취할 것이며 의사의 지시를 받으십시오.
2. 농약을 잘못하여 섭취하였을 경우 억지로 구토 시키지 말고 즉시 의사의 치료를 받으십시오.
3. 눈에 들어갔을 경우에는 즉시 다량의 물로 씻어 내십시오.
4. 피부에 묻었을 경우에는 즉시 물로 닦아 내십시오.

고객상담전화 02-3789-3900



성보화학주식회사

경기도 고양시 덕양구 대덕산로 106

400ml



마스크착용



보안경착용



방제복착용



고무장갑착용

농약안전사용기준

- 적용대상 농작물/ 병해충에만 사용할 것
- 사용방법 및 사용량을 지켜 사용하고, 사용시기 및 횟수가 정해진 농약은 그 사용시기와 횟수를 지켜 사용할 것
- 사용지역이 제한된 경우, 사용제한지역에서 사용하지 말것

작물명	적 용 병 해	사용시기 및 방법	물 20ℓ 당 사용약량	사용량	안 전 사 용 기 준	
					시 기	횟 수
배	검은별무늬병	발병초 10일간격, 경엽처리	10mℓ	약액이 충분히 묻도록 골고루 뿌림	수확 21일전까지 사용	4회 이내
	붉은별무늬병					
복숭아	잣빛무늬병	발병초 7일간격, 경엽처리	13.3mℓ		수확 14일전까지 사용	3회 이내
수박(복수박포함)	덩굴마름병					
토마토(방울토마포함)	잎곰팡이병					
포 도	갈색무늬병	발병초 10일간격, 경엽처리	10mℓ		수확 21일전까지 사용	
인 삼	점무늬병				수확 40일전까지 사용	
벼	종자소독(키다리병)	최아직전 24시간, 종자침지처리	13.3mℓ	법씨 20ℓ 당 희석액 20ℓ	-	-



원액이 피부에 닿으면 위험
→ 고무장갑과 마스크를 착용한 후에 약액을 희석한다.

서늘한 아침이나 저녁,
바람을 등지고 살포한다.



제초제 사용 안전지침

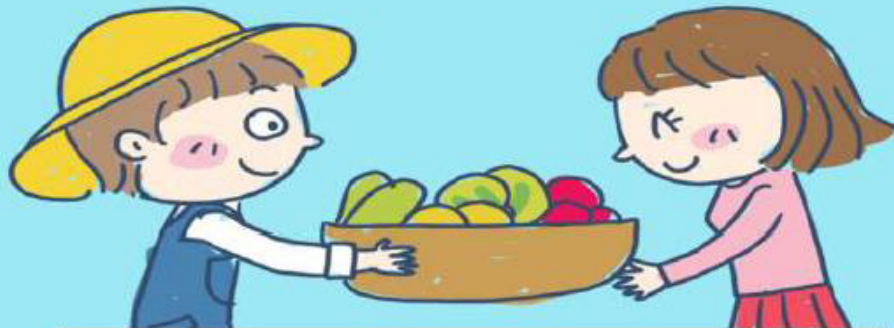
- ✓ 재배자는 논, 밭에 문제가 되는 잡초가 무엇인지 정확히 파악
- ✓ 문제 잡초를 가장 효과적으로 방제할 수 있는 제초제 선택
- ✓ 해당 제초제의 사용지침에 따라 최적기에 적량을 균일하게 살포
- ✓ 논, 밭의 경우 및 정지작업을 적절히 하여 제초제가 모이지 않도록 함
- ✓ 제초제 처리 시, 지나친 고온 및 저온, 바람이 불거나 비가 내릴 것 같은 조건에서는 살포하지 않음
- ✓ 논에 어린묘나 기계이앙묘 같이 어린 묘로 재배할 경우 건강한 묘 육성
- ✓ 접촉형 제초제가 아닌 경우, 논 제초제 살포 시 살포 전후 며칠 간 3cm 이상 물 깊이 유지
- ✓ 배수불량이나 사토 등에 제초제 처리 시 주의하며 약량을 가감함, 경엽처리가 효과적임
- ✓ 약효증진을 위해 한 제초제만 사용하지 않고 돌려가며 사용
- ✓ 타 농약과의 상호작용 고려하여 불화합성 농약의 처리는 제고
- ✓ 제초제 오용으로 인한 피해를 막기 위해 장비의 철저한 관리 필요

국내 농약 관리: **PLS제도 도입**

Positive List System

2019년 1월 1일부터 모든 농산물에
농약 허용물질목록 관리제도(PLS)가
적용됩니다!

농업인은 작목별 등록된 농약을 바르게 사용하고
농약 판매인은 작물과 용도에 맞는 농약을
정확하게 처방하고 판매해야 합니다



**PLS! 바르게 알고 대비해야
피해를 줄일 수 있습니다**

농약의 사용 조건

- ❖ 병해충, 잡초 방제에 **약효가 있어야 한다.**
- ❖ 농작물에 **약해가 없어야 한다.**
- ❖ 농산물을 섭취하는 **사람과 가축에 안전해야 한다.**
 - 농산물 섭취 국민, 농약 사용자, 농약산업 종사자 등
- ❖ **농업환경 및 생물에 안전해야 한다.**
 - 토양, 하천, 지하수, 공기 오염 예방
 - 물고기, 새, 지렁이, 곤충 등



잔류허용기준 및 안전사용기준 설정

PLS 제도

농약 허용물질 목록 관리 제도(PLS: Positive List System)

- ❖ 농약 잔류허용기준이 설정되지 않은 농산물에 대하여 잔류허용기준을 농약 불검출 수준인 **0.01mg/kg**을 일률적으로 적용

법적 근거와 시행시기

- ❖ 법적 근거: 식품위생법 제7조에 따른 **식품의 기준 및 규격**(식약처 고시)
- ❖ 시행시기: 1차(16년12월), 2차(19년 1월)
 - * 1차(16.12월): 견과종실류 및 열대과일류 (행정예고 14.7, 고시 15.10),
 - * 2차 시행(19.1월): **모든 농산물** (행정예고 17.8, 고시 18.2)
- ❖ 외국사례: 일본('06), EU('08), 대만('08), 미국('60년대) 도입 시행 중

12. 제초제 저항성(Herbicide resistance)

- ✓ 내성(Tolerance): 식물종 간 나타나는 제초제에 대한 정규변이로 제초제 살포 후 생존 및 번식을 할 수 있는 종이 가지고 있는 고유의 유전적 능력
- ✓ 저항성(Resistance): 원래 개체군이 감수성이었으나 후천적으로 제초제 살포에서 생존하기 위한 잡초 생태형의 유전된 능력
 - ➔ 다중(복합)저항성(Multiple resistance): 잡초가 두 개 이상의 다른 작용기작의 제초제에 저항성을 나타내는 것
 - ➔ 교차저항성(Cross-resistance): 잡초가 두 개 이상의 동일 작용기작의 제초제에 저항성을 나타내는 것

153 Dicots

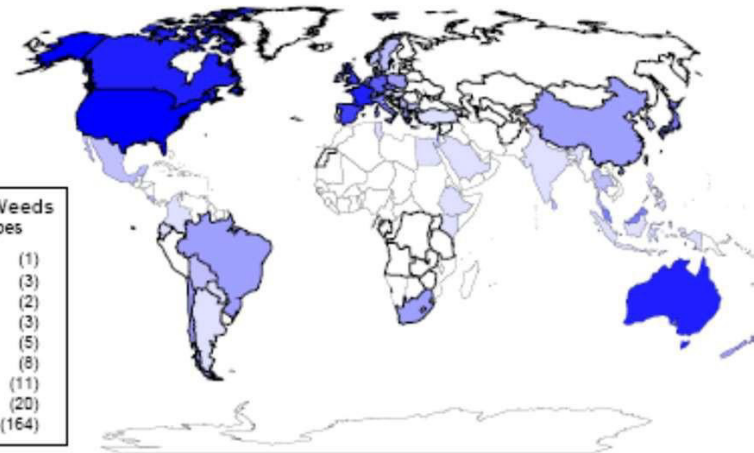
July. 2021

113 Monocots

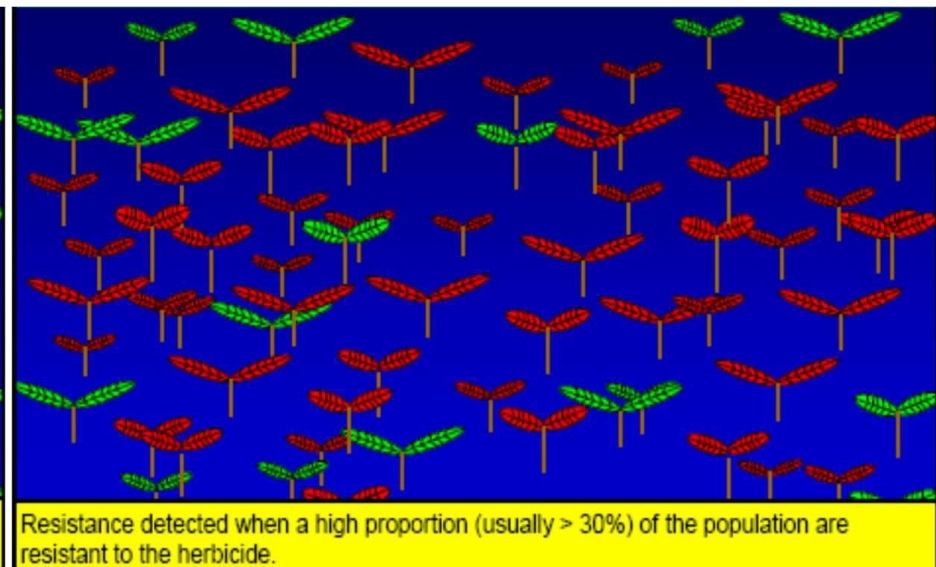
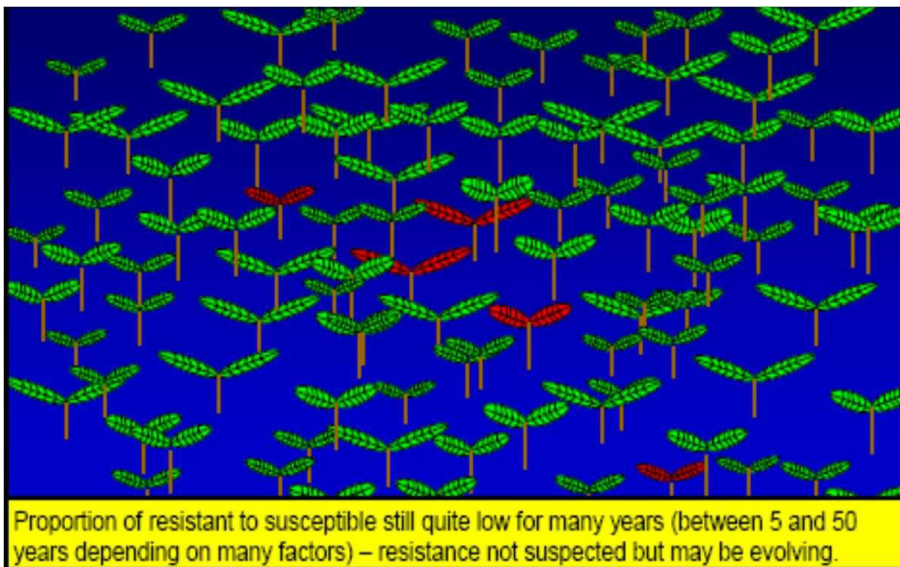
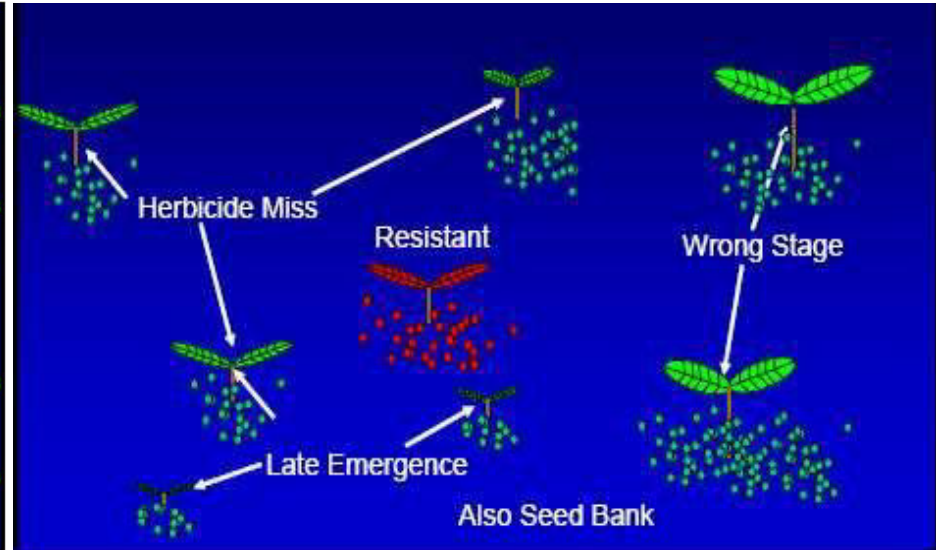
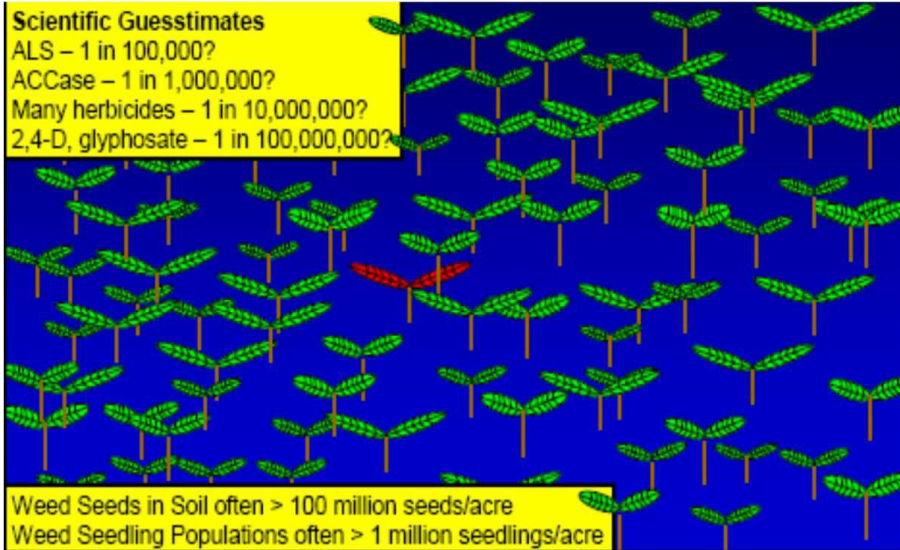
Total
266 species,
21 of 31 SoA,
164 herbicide
95 crops
71 country

Resistant Weeds
by # Biotypes

41 +	(1)
31-40	(3)
21-30	(2)
16-20	(3)
11-15	(5)
6-10	(8)
2-5	(11)
1	(20)
0	(164)



제초제 저항성 발달 과정



제초제 저항성 발현의 특성

- ✓ 제초제의 저항성의 발현은 선택압(selection pressure)의 영향을 받음
- ✓ 선택압은 처리 제초제의 효능과 처리횟수에 의하여 결정됨
- ✓ 효능이 100%에 가까운 고효능의 제초제를 처리할수록 선택압이 높아지고 저항성 출현 기회가 높아짐
- ✓ 제초제 효능이 낮은 것을 선택하여 처리하면 선택압이 낮아짐→방제되지 않은 감수성 잡초 증가→감수성 잡초 종자생산 증가→제초제저항성 발현 지연

제초제 저항성의 작용기작

✓ 제초제 작용점 저항성(Target site resistance; TSR)

- 작용점의 돌연변이: single amino acid substitution/deletion
- 제초제 작용점에서의 관련 gene이 과발현(over expression)

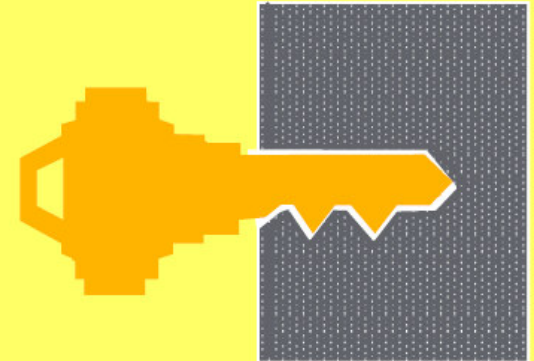
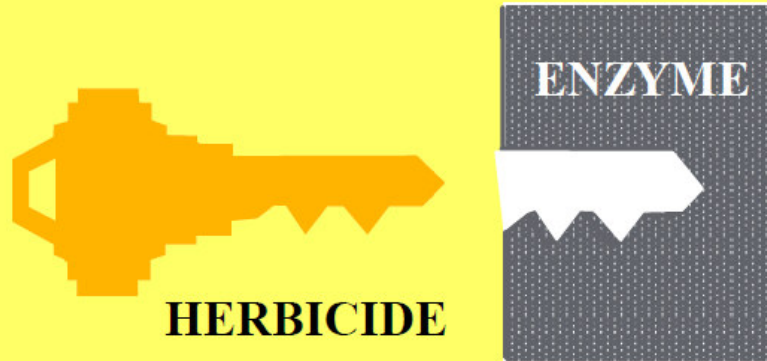
✓ 비 제초제 작용점 저항성(Non target site resistance; NTSR)

- 대사작용(metabolism): 제초제의 비생물독성 물질로의 분해→(p450s, GSTs)
- 제초제의 분열조직으로의 이행작용 손상 및 억제
- 제초제 흡수 감소(minor)

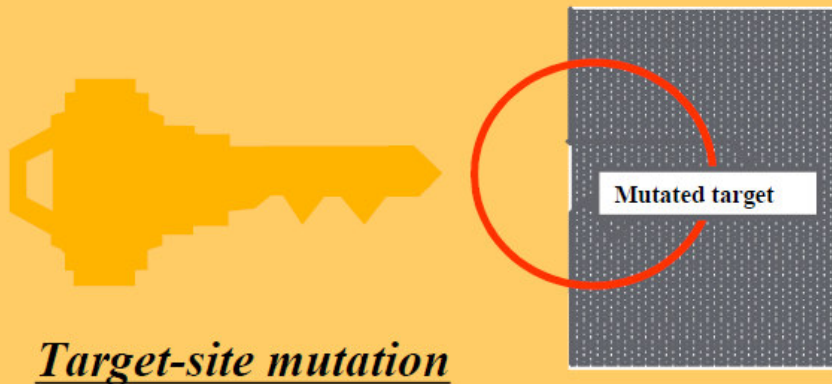
Target-site and metabolic resistance

HERBICIDE binds to and inhibits target

-> *WEED dies*



HERBICIDE can NOT bind to target properly -> *WEED stays alive*



제초제 저항성의 급격한 발생의 원인

- ✓ 단일 작용점
- ✓ 대사과정을 통한 제초제의 분해(cytochrome P450 monooxygenase)
- ✓ 잡초방제를 위한 제초제 단일 의존성(같은 작용기작)
- ✓ 지속적인 작물경작 또는 단일재배(monoculture)
- ✓ 최소경운(종자은행의 빠른 회전)
- ✓ 높은 제초제 처리 농도(도로, 과수원)
- ✓ 높은 유전적 다양성, 종자생산성, 일년생 특성을 가진 잡초의 특성

잡초의 저항성에 영향을 미치는 제초제 특성

- ✓ 단일 작용점의 제초제
- ✓ 생육기에 여러 번 사용되는 제초제
- ✓ 연속적인 생육기에 사용되는 제초제
- ✓ 다른 방제 전략 없이 사용되는 제초제
- ✓ 동일제품 2년 이상 반복 사용하면 제초제 내성 문제 발생
가능성 증가!!

제초제 저항성 예방 및 관리

방제 및 예방을 위한 전략

- ✓ 사전 예방 vs 사후 대응
- ✓ 다른 잡초 방제 방법(재배법, i.e. row pattern) 활용
- ✓ 비화학적 방제법을 잡초 관리 프로그램에 통합
- ✓ 다른 작용기작의 제초제와 순환하여 사용
- ✓ 윤작을 활용
- ✓ 세밀한 경작지 scouting
- ✓ 짧은 잔류성을 가진 제초제 사용
- ✓ 제초제 저항성 잡초 조기 발견
- ✓ 잡초 종자 생산을 방지
- ✓ 재배 및 수확 장비의 청결함 유지
- ✓ 인증된 종자 사용

13. Integrated weed management (종합적 잡초 관리)

잡초관리의 계획 및 실행을 위한 종합적인 프로그램 및 체계

1. 원하지 않는 식물 종, 즉 잡초 또는 잡초 종 전체를 방제하기 위해 다양한 방제법 간의 유연한 사용
2. 재배적, 기계적/물리적, 생물학적, 화학적 방제법 등의 사용 가능한 모든 방법을 사용한 일반적인 토지 관리
3. 잡초 종을 관리하기 위한 종합적이고 생태학적인 접근법

종합적 잡초관리 개념의 사용

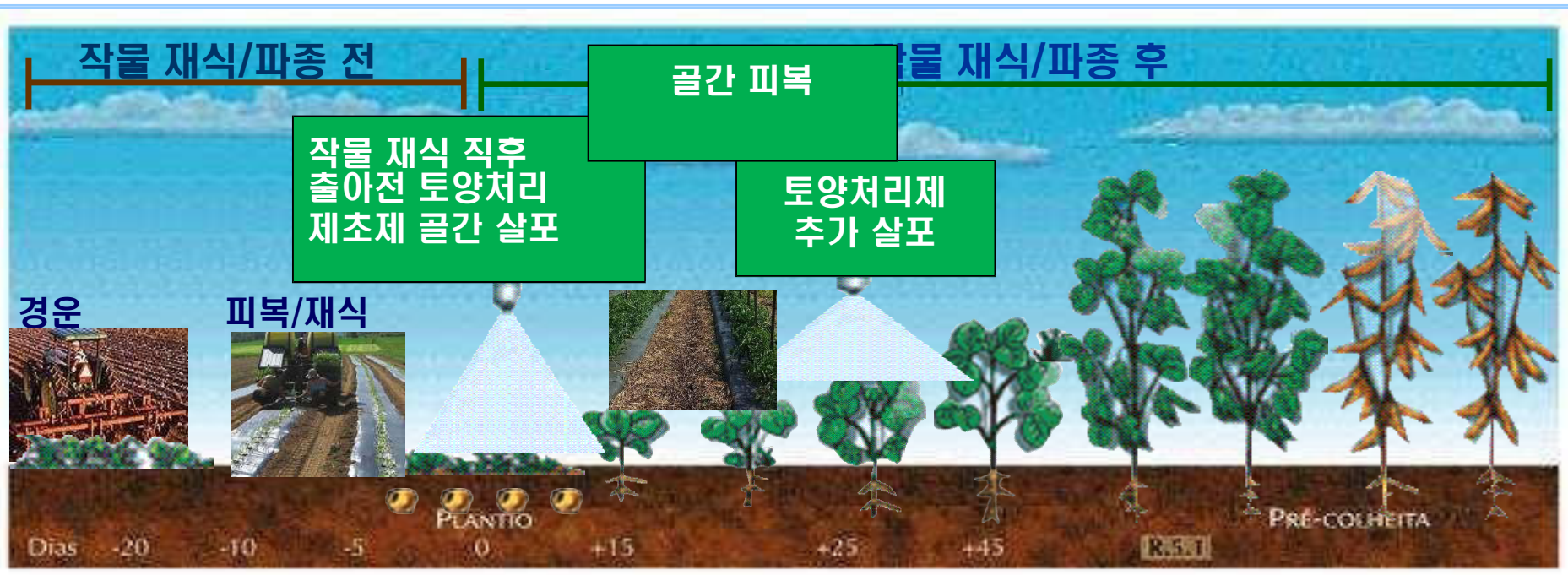
1964: 잡초관리를 전체적인 개념으로 언급 (by Shaw)

1982: 종합적 잡초관리(IWM) 개념 도입 (by Walker & Buchanan)

1980s: IWM은 제초제가 잡초방제의 핵심 솔루션이었던 시대에 잡초를 방제하기 위한 모든 종류의 가능한 방법을 사용하여 잡초를 관리하는 것으로 정의됨

1990s: IWM은 제초제를 포함 또는 포함하지 않고 좀 더 종합적인 방법으로 사용됨

종합적인 잡초 방제: 동원 가능한 모든 방법 활용



경운

재식
(파종)

토양처리제
(0~5 일차)

피복

토양처리제
(30~50 일차)

작물보호 & 잡초방제 관리



작물보호

잡초 방제

문제잡초확인
방제시기 결정
방제방법 결정
(제초제 등)
방제수단 결정
(살포방법 등)

해충 방제

해충발생 예찰
방제시기 결정
방제방법 결정
(살충제 등)
방제수단 결정
(살포방법 등)

병 방제

병 발생 예찰
방제시기 결정
방제방법 결정
(살균제 등)
방제수단 결정
(살포방법 등)

종합적 방제체계(Integrated Management)