

농약의 저항성 관리

한국작물보호협회
www.koreacpa.org

<본 자료에 대한 무단전재 및 재배포 금지>

목 차

1. 약제 저항성이란?
2. 약제 저항성의 종류
3. 감수성개체에서 저항성개체로의 발전과정
 - 3-1. 해충의 약제 저항성 발달 이론
4. 저항성 발현의 중요 3대 요인
5. 저항성 해소 '약제 작용기구 표시제도' 시행
6. 저항성 예방을 위한 올바른 농약 사용방법
7. 살균제 작용기작별 분류기준
8. 살충제 작용기작별 분류기준
9. 제초제 작용기작별 분류기준
10. 약제 저항성의 효율적인 방제 대책

1. 약제 저항성이란?

● 정 의

생물체가 생명에 치명적인 영향을 받을 수 있는 약제의 약량에도 견딜 수 있는 능력이 발달되는 현상.

- 약제에 대한 저항성이 유전에 의해 후대 형질로 유전됨.
- 같은 약제를 동일한 개체군에 계속 사용하면 약제에 대한 저항성이 강한 개체만 생존·번식하게 되어 방제 효과가 좋았던 약제의 약량으로는 방제가 불가능해짐.

2. 약제 저항성의 종류

- 교차저항성

하나의 살충제를 계속 처리 하였을 때 다른 살충제에 대해서도 동시에 저항성이 생기는 현상

- 복합저항성

2종 이상의 살충제 처리하였을 때 각각의 살충제에 대해 저항성이 생기는 현상

- 역상관 교차저항성(이상적인 약제 관계)

어떤 살충제에는 저항성을 나타내나 타 약제에 대해서는 감수성이 증가하는 현상

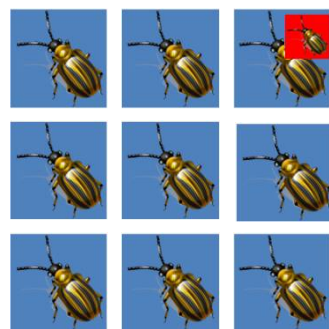
3. 감수성개체에서 저항성개체로의 발전과정

작용기작 "A약제" 살포

작용기작 "A약제" 살포

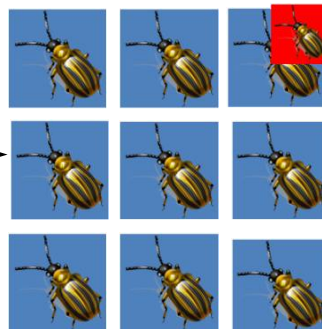
생존개체 번식

생존개체 번식



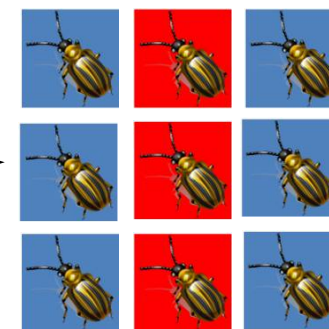
1% 저항성개체

제1세대



5% 저항성개체

제2세대



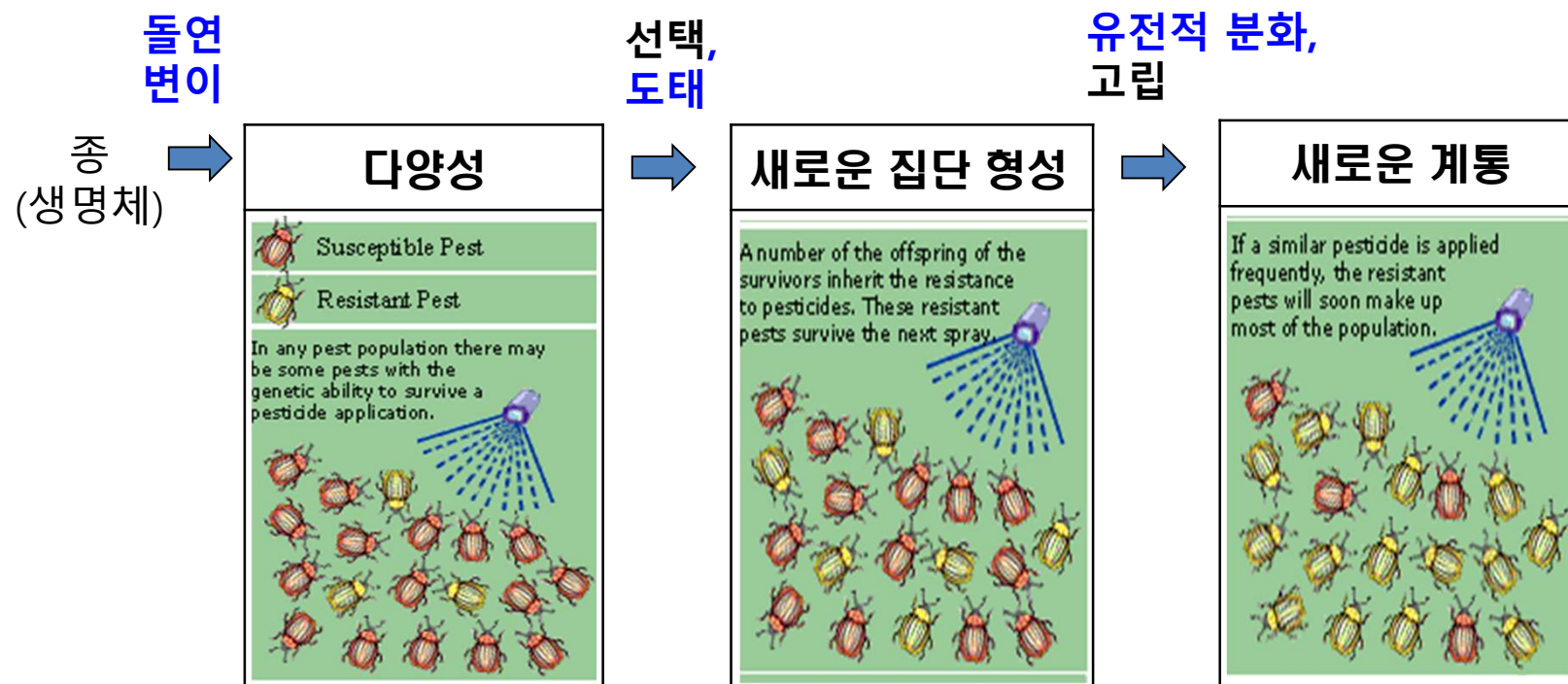
30% 저항성개체

저항성개체의 급속한 증가

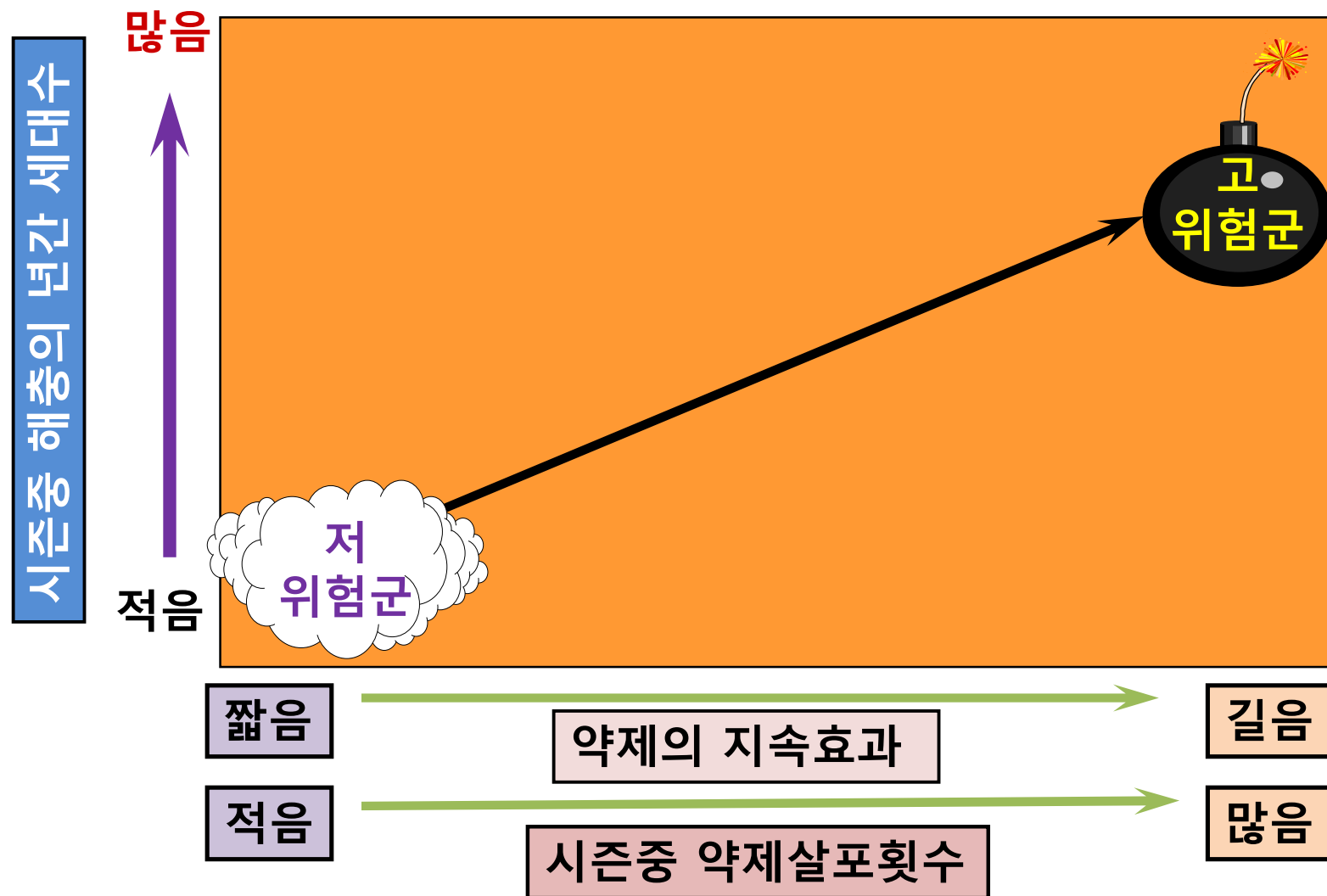
3-1. 해충의 약제 저항성 발달 이론

● 약제저항성 발달은 ?

해충이 계속적인 살충제 살포에 의해 강한 개체가 선택되어 개체수가 증가, 새로운 집단을 형성



4. 저항성 발현의 중요 3대 요인



5. 저항성 해소 '약제 작용기구 표시제도' 시행

● 농약 포장지 표기 예



■ 약제별 작용기구(작) 표시제도

- 살균제 : 가, 나, 다 순
- 살충제 : 1, 2, 3 순
- 제초제 : A, B, C 순

※ 약제저항성 방지 방법

- 한가지 약제 또는 동일한 작용기구 약제
연속 사용 금지 => '약제 사용기록' 남겨야

● 살균제 : 다3



● 살충제 : 3a+28



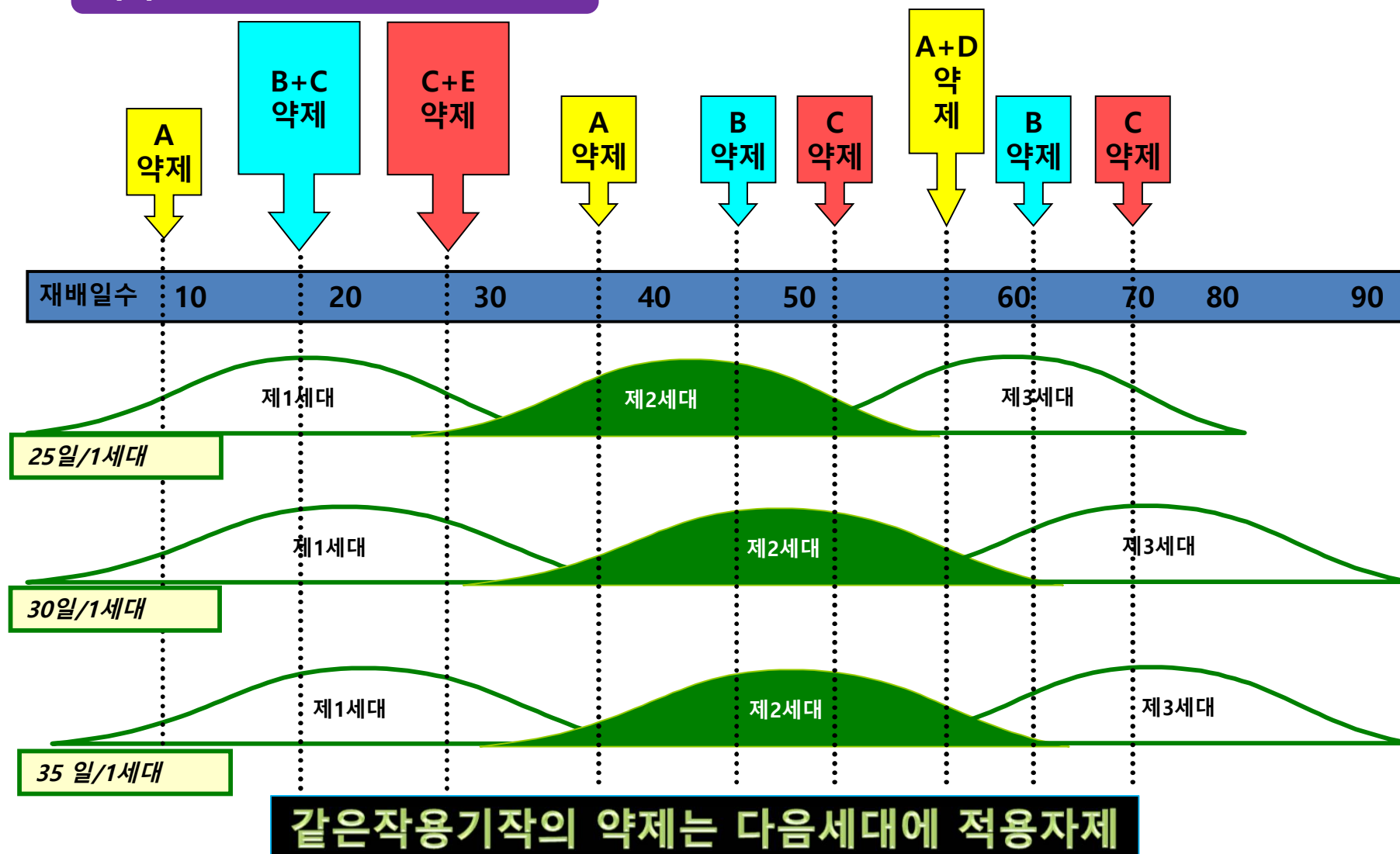
● 제초제 : C3+O+B



6. 저항성 예방을 위한 올바른 농약 사용방법

(1) 잘못된 교호 살포방법

동일색상 : 같은작용약제



(2)바람직한 교호 살포방법

예) A-B-A-B, A-B-C- A-B-C

출처 : IRAC Guideline

Year 1		Year 2		Year 3		Year 4	
1st Gen	2nd Gen	1st Gen	2nd Gen	1st Gen	2nd Gen	1st Gen	2nd Gen
↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑

같은계통의 약제만
계속 살포시



Year 1		Year 2		Year 3		Year 4	
1st Gen	2nd Gen	1st Gen	2nd Gen	1st Gen	2nd Gen	1st Gen	2nd Gen
↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑

해충의 세대를
고려하지 않은
살포시



Year 1		Year 2		Year 3		Year 4	
1st Gen	2nd Gen	1st Gen	2nd Gen	1st Gen	2nd Gen	1st Gen	2nd Gen
↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑

세대를 고려한
약제살포시 (모델 1)



Year 1		Year 2		Year 3		Year 4	
1st Gen	2nd Gen	1st Gen	2nd Gen	1st Gen	2nd Gen	1st Gen	2nd Gen
↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑

세대를 고려한
약제살포시 (모델 2)



↑ A계통 ↑ C계통
↑ B계통 ↑ D계통

* 항상 좋은 효과를위하여 모두적용되는것은 아님

7. 살균제 작용기작별 분류기준

작용기작 구분	세부 작용기작 및 계통	표시기호
가. 핵산 합성 저해	○ RNA 중합효소 I 저해	가1
	○ 아데노신 디아미나제 효소 저해	가2
	○ 핵산 합성 저해	가3
	○ DNA 토포이소메라제 효소(type II) 저해	가4
나. 세포분열 저해 (유사분열) 저해	○ 미세소관 생합성 저해 (벤지미다졸계)	나1
	○ 미세소관 생합성 저해 (페닐카바메이트계)	나2
	○ 미세소관 생합성 저해 (톨루아마이드계)	나3
	○ 세포분열 저해 (페닐우레아계)	나4
	○ 스펙트린 단백질 저해 (벤자마이드계)	나5
	○ 액틴/ 미오신/ 피브린 저해 (시아노아크릴계)	나6
다. 호흡 저해 (에너지 생성 저해)	○ 복합제 I 의 NADH 기능 저해	다1
	○ 복합제II의 숙신산(호박산염) 탈수소효소 저해	다2
	○ 복합제III : 퀸 외측에서 시토크롬 bc1 기능 저해	다3
	○ 복합제III : 퀸 내측에서 시토크롬 bc1 기능 저해	다4
	○ 산화적인산화 반응에서 인산화반응 저해	다5
	○ ATP 생성효소 저해	다6
	○ ATP 생성 저해	다7
	○ 복합체 III : 시토크롬 bc1기능 저해	다8

살균제 작용기작별 분류기준

작용기작 구분	세부 작용기작 및 계통	표시기호
라. 아미노산 및 단백질 합성 저해	○ 메티오닌 생합성 저해	라1
	○ 단백질 합성 저해(신장기 및 종료기)	라2
	○ 단백질 합성 저해(개시기) (핵소피라노실계)	라3
	○ 단백질 합성 저해(개시기) (글루코피라노실계)	라4
	○ 단백질 합성 저해(테트라사이클린계)	라5
마. 신호전달 저해	○ 작용기구 불명 (아자나프탈렌계)	마1
	○ 삼투압 신호전달 효소 MAP 저해	마2
	○ 삼투압 신호전달 효소 MAP 저해	마3
바. 지질생 합성 및 막 기능 저해	○ 인지질 생합성, 메틸 전이효소 저해	바2
	○ 지질 과산화 저해	바3
	○ 세포막 투과성 저해 (카바메이트계)	바4
	○ 병원균의 세포막 투과막 기능을 교란하는 미생물	바6
	○ 세포막 기능 저해	바7
	○ 에르고스테롤 결합 저해	바8
	○ 지질 항상성, 이동, 저장 저해	바9

살균제 작용기작별 분류기준

작용기작 구분	세부 작용기작 및 계통	표시기호
사. 막에서 스테롤 생합성 저해	○ 탈메틸 효소 기능 저해(피리미딘계, 이미다졸계 등)	사1
	○ 이성질화 효소 기능 저해	사2
	○ 케토환원효소 기능 저해	사3
	○ 스쿠알렌 에폭시다제 효소 기능 저해	사4
아. 세포벽 생합성 저해	○ 트레할라제 (클루코스 생성)효소기능 저해	아3
	○ 키틴 합성 저해	아4
	○ 셀룰로오스 합성 저해	아5
자. 세포막내 멜라닌 합성 저해	○ 환원효소 기능 저해	자1
	○ 탈수 효소 기능 저해	자2
	○ 폴리케티드 합성 저해	자3
차. 기주식물 방어기구 유도	○ 살리실산 경로 저해 (벤조티아디아졸 계)	차1
	○ 벤즈이소티아졸계	차2
	○ 티아디아졸카복사마이드계	차3
	○ 천연 화합물 계통	차4
	○ 식물 추출물 계통	차5
	○ 미생물 계통	차6

살균제 작용기작별 분류기준

작용기작 구분	세부 작용기작 및 계통	표시기호
카. 다점 접촉작용	○ 보호살균제 무기유황제, 무기구리제, 유기비소제 등	카
작용기구 불명	○ 메트라페논, 사이목사닐, 사이플루페나미드 등	미분류

8. 살충제 작용기작별 분류기준

작용기작 구분	계통 및 성분	표시기호
1. 아세틸콜린에스터라제 기능 저해	○ 카바메이트계 ○ 유기인계	1a 1b
2. GABA 의존 CL 통로 억제	○ 유기염소 시클로알칸계 ○ 페닐피라졸계	2a 2b
3. Na 통로 조절	○ 합성피레스로이드계 ○ DDT, 메톡시클로르	3a 3b
4. 신경전달물질 수용체 차단	○ 네오니코티노이드계 ○ 니코틴 ○ 설펜시민계 ○ 부테놀라이드계 ○ 메소이온계	4a 4b 4c 4d 4e
5. 신경전달물질 수용체 기능 활성화	○ 스피노신계	5
6. CL 통로 활성화	○ 아바멕틴계, 밀베마이신계	6
7. 유약호르몬 작용	○ 유약호르몬 유사체 ○ 페녹시카브 ○ 피리프로록시펜	7a 7b 7c

살충제 작용기작별 분류기준

작용기작 구분	계통 및 성분	표시기호
8. 다점저해(혼증제)	○ 할로젠화알킬계	8a
	○ 클로로피크린	8b
	○ 플루오르화술푸릴	8c
	○ 봉사	8d
	○ 토주석	8e
	○ 이소티오시안산메틸 발생기	8f
9. 현음기관 TRPV 통로 조절	○ 피리딘 아조메틴 유도체	9b
10. 응애류 성장 저해	○ 클로펜테진, 헥시티아족스	10a
	○ 에톡사졸	10b
11. 미생물에 의한 중장 세포막 파괴	○ B.t 독성 단백질	11a
	○ B.t 아종의 독성 단백질	11b
12. 미토콘드리아 ATP합성효소 저해	○ 디아펜티우론	12a
	○ 유기주석 살선충제	12b
	○ 프로파자이트	12c
	○ 테트라디폰	12d
13. 수소이온 구배형성 저해	○ 피롤계, 디니트로페놀계, 설플루라미드	13

살충제 작용기작별 분류기준

작용기작 구분	세부 작용기작 및 계통	표시기호
14. 신경전달물질 수용체 통로 차단	○ 네레이스톡신 유사체	14
15. 0형 키틴합성 저해	○ 벤조일요소계	15
16. I형 키틴합성 저해	○ 뷰프로페진	16
17. 파리목 곤충 탈피 저해	○ 사이로마진	17
18. 탈피호르몬 수용체 기능 활성화	○ 디아실하이드라진계	18
19. 옥토파민 수용체 기능 활성화	○ 아미트라즈	19
20. 전자전달계 복합체Ⅲ 저해	○ 하이드라메틸논 ○ 아세퀴노실 ○ 플루아크림피림 ○ 비페나제이트	20a 20b 20c 20d

살충제 작용기작별 분류기준

작용기작 구분	세부 작용기작 및 계통	표시기호
21. 전자전달계 복합체 I 저해	○ METI 살비제 및 살충제 ○ 로테논	21a 21b
22. 전위 의존 Na 통로 차단	○ 옥사디아진계 ○ 세미카르바존계	22a 22b
23. 지질생합성 저해	○ 테트론산 및 테트라산 유도체	23
24. 전자전달계 복합체 IV 저해	○ 인화물계 ○ 시안화물	24a 24b
25. 전자전달계 복합체 II 저해	○ 베타 케토니트릴 유도체 ○ 카복시닐라이드	25a 25b
28. 라이아노딘 수용체 조절	○ 디아마이드계	28
29. 현음기관 조절 -정의되지 않은 작용점	○ 플로니카미드	29
30. GABA 의존 Cl 통로 조절	○ 메타-디아마이드계	30
작용기작 불명	○ 아자디락틴, 디코폴 등	미분류

9. 제초제 작용기작별 분류기준

작용기작 구분	세부 작용기작 및 계통(성분)	표시기호
지질(지방산)생합성 저해	○ 아세틸 CoA 카르복실화 효소 저해	A
	○ 그 밖의 지질 생합성 저해	N
아미노산 생합성 저해	○ 분지 아미노산 생합성 저해	B
	○ 방향족 아미노산 생합성 저해	G
	○ 글루타민 합성효소 저해	H
광합성 저해	○ 광화학계 II에 저해(트리아진, 트리아지논, 트리아졸리논, 우라실, 피리다지논, 페닐-카바메이트계)	C1
	○ 광화학계 II 저해(요소, 아미드계)	C2
	○ 광화학계 II 저해(니트릴, 벤조티아디아지논, 페닐_피리다진계)	C3
	○ 광화학계 I 에서 저해(비피리딜리움계)	D
색소 생합성 저해	○ 엽록소 생합성 저해	E
	○ 카로티노이드 생합성 저해(PDS)	F1
	○ 카로티노이드 생합성 저해(HPPD)	F2
	○ 카로티노이드 생합성 저해(불명확)	F3

제초제 작용기작별 분류기준

작용기작 구분	세부 작용기작 및 계통(성분)	표시기호
엽산 생합성 저해	○ 엽산 생합성 저해(아술람)	I
세포분열 저해	○ 미소관 조합 저해	K1
	○ 유사분열/ 미소관 형성 저해	K2
	○ 장쇄 지방산 합성 저해	K3
세포벽 합성 저해	○ 세포벽(셀룰로오스)합성 저해	L
에너지 대사 저해	○ 막 파괴	M
옥신작용 저해. 교란	○ 인돌아세트산 유사작용	O
	○ 옥신이동 저해	P
작용기작 불명	○ 기타	미분류

(참고)저항성 예방을 위한 농약 방제달력 생활화

병해충(잡초) 방제 달력

작물명 : 고추

사용일자	품목명 (상표명)	작용기작	사용약량	처리방법	사용목적 (방제대상)	기상 상황 및 기타
예)						
2020. 8. 4	○○○입상수화제 (갑돌이)	4a	200g	경엽처리	담배나방	
8. 4	****액제 (꿈순이)	라	200g	경엽처리	탄저병	
8. 11	○○○입상수화제 (갑돌이)	4a	200g	경엽처리	담배나방	
8. 11	****.ㅎㅎ 액제 (꿈돌이)	라+다	100g	경엽처리	탄저병	
8. 18						
8. 18						
8. 25						
8. 25						

10. 약제 저항성의 효율적인 방제 대책

- 약제 사용을 규정농도를 지켜서 사용하여야 한다.
- 같은 계열과 동일한 작용기작 농약을 연달아 사용하지 말고,
작용특성이 다른 약제로 바꾸어 번갈아 가며 살포하여야 한다.
- 약제 살포를 매년 같은 시기에 정기적으로 살포하는 것을 삼가야 한다.
- 예찰을 철저히 하여 발병(생) 등을 고려하여 약제방제를 하여야 한다.
- 저항성 대책으로 꼭 사용한 약제의 살포 기록하여야 한다.

본 교육자료는 우리 농업인의 올바른 농약사용으로
우수한 농산물 생산 및 소득증대에 기여하고자
한국작물보호협회에서 제작하였습니다.
자료활용시 본 협회로 연락하여 주시기 바랍니다.
02-3474-1594 기술홍보부/홍보담당자