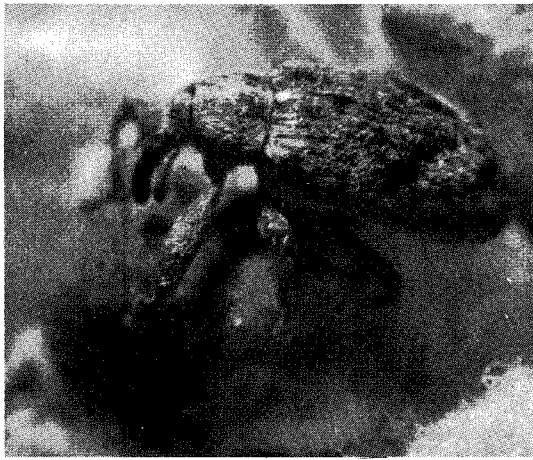




해충의 살충제 저항성은 왜 생어나?

김 정 화
충북대학교 농과대학교수



같은 약제 계속 사용은 저항성발현을 촉진
방제시기 잘 골라 적정농도로 사용해야

1. 머리말

살충제에 대한 해충의 저항성을 설명하기 전에 먼저 생물의 일반적인 특징이 무엇인가를 알아보는 것이 중요하다고 생각된다.

곤충류·응애류에서 심하게 발생

미생물에서 고등동물에 이르는 모든 생물은 생활주위 환경으로부터 양분을 섭취하여 생장을 하고 신진대사 작용을 하며 종족보존을 위하여 생식 기능을 가지고 있고 외부에서 끊임없이 오는 자극을 수감기로 받아들여 이에 감응하며 적응하는 능력을 가지고 있다. 생물의 종에 따라 이와같은

★해충의 살충제 저항성은 왜 생키나?★

능력의 차이가 있는데 특히 곤충은 다른 생물보다 환경에 적응하는 힘이 강하다고 알려져 있다. 생물이 살고 있는 환경은 여러가지 물리적, 화학적, 생물적 요인으로 구성되어 있어서 복잡하고 다양하며 시간의 흐름에 따라 항상 변하고 있다.

농업의 발전에 따라 해충의 좋은 영양원이 풍부해지며 따라서 농작물이나 산림해충의 종수나 개체수가 증가하게 되는데 이 해충을 구제하는 방법중 가장 효과적인 것은 살충제 이용이라는 것이 일반화되어 있어 많은 종류의 농약을 적당량 사용할 때 수확을 기대할 수 있다고 보는 편이 지배적이다. 이와같이 해충구제를 위하여 살충제를 계속 사용하면 그림 1에서 보는 바와같이 많은 종류의 생물에서 저항성이 생기게 된다.

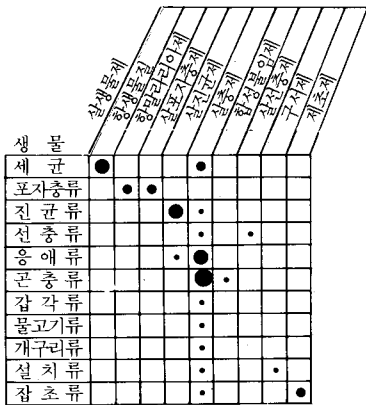


그림 1. 살생물제(殺生物劑: Xenobiotics)에 대한 저항성상관 비도

주로 곤충류와 응애류에서 심하게 나타나며 다음으로 세균에서 그리고 진균류, 선충류, 갑각류, 물고기류, 개구리, 설치류, 잡초에서도 저항성이 생긴다고 알려져 있다. 농작물의 주요해충인 곤충류는 살충제와 합성 불임제에서, 응애류는 살충제와 살진균제에서, 선충류는 살충제와 살진충제에서, 잡초는 살충제와 제초제에서 저항성이 발현되는 것으로 알려져 있다.

2. 살충제 저항성 발현의 역사적 고찰

살충제 저항성은 1908년에 각지벌레(석회유황합제 저항성 해충)에서 처음으로 발견되었다. 그림 2에서 보

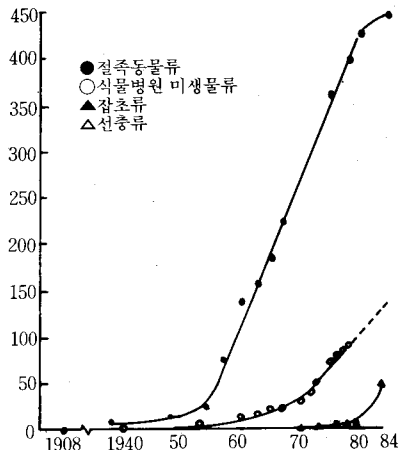


그림 2. 저항성종수의 연도별 증가

는 바와같이 살충제에 대하여 저항성이 생긴 절족동물의 종(種)수 증가현상은 1950년대 중반까지 완만하였으나 그 후 부터는 급격히 증가하고 있는 것을 알 수 있다.

유기합성살충제 다량사용이 원인

이와같은 현상의 발생원인중의 하나는 1940년 중반부터 해충구제에 효

력이 큰 유기합성살충제의 다량사용에 있다고 생각할 수 있다. 1954년에는 위생해충인 파리에서 DDT저항성을 발견하였으며 같은 해에 바퀴와 목화바구미의 살충제에 대한 저항성을 연구한 바 있다. 1960년에는 이화명충, 끝동매미충, 애벌거에서 BHC, 파라치온, 말라치온 저항성이 연구, 보고되었으며 1966년 이후 일본에서

표 1. 저항성으로 보고된 절족동물의 종(種)수(1986)

목(目)	살충제군							주요 절족동물			
	디디티	싸이클로딘	유기인제	카바메이트	피레스로이드	혼중제	기타	의용/수익용	농업해충	육식기생화밀용	계
거미목			1							1	1
응애목	20	17	51	16	5		29	21	38	9	68
이목	4	4	2	1				6			6
딱정벌레목	25	61	26	11	4	9	5		70	1	71
집게벌레목	1	1							1		1
파리목	130	113	80	20	16		1	153	23	1	177
하루살이목	2								2		2
노린재목	8	16	6					4	16		20
매미목	14	14	31	14	5	3	1		46		46
벌목	1	3	4						2	5	7
나비목	41	42	36	17	10		2		69		69
털이목		2						2			2
풀잠자리목			1							1	1
매뚜기목	2	3	2	1	1			3			3
벼룩목	8	6	4	2				9			9
총채벌레목	3	5	1		1		2		7		7
계	259	287	245	82	42	12	40	198	274	18	490
%	52.9%	58.6%	50%	16.7%	8.5%	2.4%	8.2%	40.4%	55.9%	3.7%	

벼멸구와 흰등멸구가 BHC분제의 사용량이 증대됨에 따라서 그 약효가 떨어지기 시작하였고, 1976년에는 벼멸구, 애멸구, 흰등멸구에서 말라치온, 웨니트로치온등 몇가지 살충제저항성이 보고된 바 있다. 그 후 많은 살충제와 해충을 대상으로하여 살충제에 대한 해충의 저항성연구가 세계적으로 방대하게 진행되어 오고 있다.

저항성발현 파리목이 가장 많아

절족동물중 살충제 저항성에 가장 큰 문제가 되고 있는 것은 표1에서와 같이 파리목(目)으로서 DDT에서 130종, 싸이클로딘에서 113종, 유기인제에서 80종, 카바메이트에서 20종, 피레스로이드에서 16종이 저항성으로 보고되어 다른 목(目)의 해충류보다 각종 살충제에 대하여 저항성이 잘 생긴다.

다음으로 나비목은 싸이클로딘에서 42종, DDT에서 41종, 유기인제에서 36종, 카바메이트에서 17종, 피레스로이드에서 10종, 기타에서 2종이다.

응애목은 유기인제에서 51종, 기타에서 29종, DDT에서 20종, 싸이클로딘에서 17종, 카바메이트에서 16종, 피레스로이드에서 5종이다.

딱정벌레목은 싸이클로딘에서 61종, 유기인제에서 26종, DDT에서 25종, 카바메이트에서 11종, 살진균제에서 9종, 기타에서 5종, 피레스로이드

에서 4종이다.

매미목은 유기인제에서 31종, DDT 싸이클로딘 카바메이트에서 14종, 피레스로이드에서 5종, 살진균제에서 3종, 기타에서 1종 등으로 저항성 해충이 발현되었다.

딱정벌레, 나비, 매미, 응애목 순

한편 농림해충 별로 저항성이 생긴 현황을 살펴보면 딱정벌레목에서 70종, 나비목에서 69종, 매미목에서 46종, 응애목에서 38종, 파리목에서 23종, 노린재목에서 16종으로 설명하고 있다.

전술한 바와 같이 살충제저항성이 가장 높은 것은 파리목이며, 농업해충으로서는 딱정벌레목, 나비목, 매미목, 응애목 순으로 조사되었다. 살충제 계통별로는 싸이클로딘, DDT, 유기인제에서 저항성이 많이 유발되었고, 주요 생물별로는 농업해충에서 살충제에 대한 저항성이 심하게 발생되었다.

3. 살충제 저항성 유발원인과 방제

농업해충의 대부분을 차지하고 있는 절족동물에서 살충제저항성이 발달하는 중요한 두가지 요인이 있는데 하나는 대사적 해독작용의 증가이고, 다른 하나는 살충제 작용부위에서의

감수성의 감소라고 생각된다. 기타 요인으로는 살충제의 피부투과성과 행동적응이다.

해독작용촉진과 감수성 감소

대사적 저항성요인은 살충제의 해독작용을 촉진하는 효소의 활성화와 깊게 관련되어있다. 대부분의 경우 이와같은 효소들에 의하여 촉매작용을 받은 살충제는 살충효과가 없는 수용성물질로 변화되는데 이 생성물은 생물에 의하여 체외로 속히 제거된다. 이와같은 효소들은 여러계통의 살충제에 대하여 해독작용을 가지고 있기 때문에 교차저항을 일으키는 중요한 요인이 되며 많은 절족동물에서 이와같은 현상이 일어나고 있다.

절족동물에 있어서 신경계 작용부위의 살충제독성에 대한 감수성감소는 여러종류의 살충제에 대한 저항성유발에 중요한 요인이 된다. 유기인계 살충제와 카바메이트에 있어서의 저항성발달은 이들 살충제에 노출되지 않은 신경에서 보다 노출된 신경에서 효소의 감수성이 감소되는데 이와같은 현상과 관계가 있다.

살충제의 침투율은 살충제 분자의 물리적 성질과 절족동물의 피부조성상태에 따라 다르다. 피부조성은 종(種), 종의 성장단계, 유충령기(幼虫齡期)에 따라 다르다. 어떤 생활단계에서 피부조성에 특별한 변화를 일으

켜 살충제에 대하여 저항성을 갖게된 해충의 피부에서의 살충제 침투력이 약해지는데 이 약해진 침투력은 살충제의 독성을 해독하는데 많은 시간이 필요하기 때문에 살충제에 대한 내성이 증가되는 것으로 생각된다.

유전적, 생태적 도태압에 기인

절족동물은 유전적 요인에 의하여 저항성이 유발된다고 알려져 있다. 해충개체군에 있어서의 살충제 저항성은 도태압에 의하여 발달한다. 절족동물에 있어서 살충제 저항성의 특성과 개체군에서 발달하는 비율은 다음과 같은 몇가지 유전적 요인에 의하여 영향을 받는다. ① 개체군에서의 저항성 특성 발생빈도와 이의 존재 ② 저항성 유발 유전자수 ③ 저항성 유발에 작용하는 우성 유전자와 그의 작용 ④ 다른 살충제에 의한 과거의 도태 ⑤ 감수성해충의 개체군과 경쟁하는 저항성개체군의 적합성

생태적, 생물적 요인에 의하여 해충들은 살충제 저항성을 획득하게 된다. 살충제 저항성으로 유도되는 생물의 도태압 반응은 생태적 요인과 생활사의 특성에 의하여 강하게 영향을 받는다. 유전적으로 시간당 도태에 노출되는 세대수가 많거나 행동이 적을수록 살충제 저항성이 더 빨리 발달한다. 또한 강한 생식력을 갖고 있는 종으로 구성된 개체군은 살충제

에 대하여 높은 내성을 갖게 된다.

적기, 적제, 적량살포가 중요해

이상에서 설명한 내용을 중심으로 하여 살충제 저항성 해충발생을 적게 하고 이들 방제법의 일부를 다음과 같이 정리하고자 한다.

살충제 저항성 해충의 발현정보를 신속히 입수하고 저항성검출과 경보방법이 보다 개선되어야 할 것이다.

한편 정확한 살충제의 선택과 농도를 택하여 적기에 사용하는 것이 중요하다. 생물군중 농업해충에 살충제 저항성 발생율이 높아 문제가 되는 절족동물은 나비목, 딱정벌레목이며 다음으로 매미목과 응애목이다. 그러나 이 설명은 절족동물을 목(目)별로 저항성이 유발된 종(種)수를 중심으로 설명하는 것이고, 농업해충에서는 특수한 소수의 종이 살충제에 저항성이 유발되는 경우도 있다.

나비목은 DDT, 사이클로딘(cyclidine), 유기인제(organophosphate)에서 저항성이 많이 생겼으며 카바메이트(carbamate)와 피레스로이드(pyrethroid)에서는 저항성 발생이 적어 이 계통의 살충제 사용이 바람직한 것으로 설명되고 있다.

딱정벌레목은 사이클로딘 저항성이 61종으로 다른 계통의 살충제에서 보다 월등히 많은 종의 해충이 발생하

였으며 피레스로이드계통 살충제에서 4종으로 적게 발생되어 이 계통의 살충제를 사용하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

응애류는 유기인제 살충제 계통에 대한 저항성이 강하여 농업해충에 속하는 다른 곤충류에서 보다 많은 종이 저항성으로 발현된 점을 고려하여 살충제 사용에 주의를 기울여야 할 것이다. 매미목에서도 유기인제 살충제에서 높은 저항성을, 피레스로이드에서 낮은 저항성을 나타내고 있어 이 계통의 살충제 이용이 살충제 저항성 출현을 저하시키는 방법중의 하나라고 생각된다.

곤충이 대부분인 절족동물 해충은 생육단계에 따라 같은 살충제에서 치사량이 다르며, 일년 동안에 발생회수가 많은 해충은 각 발육단계가 같은 시기에 출현하기 때문에 해충별로 발생최성기와 살충효과가 있는 시기(발육단계)를 잘 선택하여 방제하지 않으면 살충제 처리후 도태에 의한 저항성 유발현상이 일어날 것으로 생각되며 이와같은 현상발현은 같은 살충제의 계속 사용에서 촉진될 것으로 생각된다.

끝으로 위의 설명은 미국 캘리포니아대학 조지오교수가 발표한 자료의 일부를 중심으로 설명한 것임을 밝혀두는 바이다.