



기획진단 / 약제저항성 문제 대안을 찾아본다

해충의 약제저항성 발달과 그 대책

규정농도 지켜쓰고 같은약제 계속사용은 피해야

농약은 병해충이나 잡초로부터 농작물을 보호하여 우수한 품질의 농산물을 안정적으로 생산할 수 있도록 할뿐만 아니라 제초작업이나 과수의 적과 등 농작물 관리에 소요되는 노력을 획기적으로 절감시켜 주는 등 현대농업에 없어서는 안 될 중요한 농업자재중의 하나이다.

우리나라는 1940년대부터 일부 유기합성 농약에 대한 시험이 시작되었으나 1950년대 말부터 농민에게 농약이 보급되기 시작하여 약 30여년 이상 유기합성 농약이 본격적으로 사용되어 오면서 과거에 극심했던 병해충의 피해를 크게 줄임으로써 획기적인 식량증산을 통하여 우리의 숙원이던 주곡의 자급을 이룩하였으며 채소나 과일 등 많은 고품질의 농산물을 안정적으로 생산·공급할 수 있게 되었다.

그러나 농약의 무분별한 사용과 과용으로 인축에의 독성, 환경오염 및 천적류의 감소등 농약의 부작용이 나타나면서 새로운 사회문제를 야기하게 되었다.

이러한 농약의 가장 중요한 부작

용중의 하나가 약제에 대한 저항성 발달로 이를 방제하기 위해 더 많은 농약을 사용하게 되어 부작용을 가중시키고 방제 비용이 증가되는 등의 악순환이 초래되고 있다.

따라서 해충의 약제에 대한 저항성 발달 원인과 현황을 분석하고 대책수립을 서두르지 않으면 안될 것이다.

1. 약제 저항성은 무엇이며 왜 생기는가?

최근 많은 농민들이 요즈음은 벌레들이 아주 독해져서 농약을 뿌려도 죽지 않는다고 하거나 농약이 예전만 못하여 농약을 더욱 독하게 그리고 몇가지를 섞어야 효과를 볼 수 있다고 흔히 말하며 실제로 많은 농민이 과거보다 2~3배 진하게 그리고 두세 가지 농약을 혼합 희석하여 살포하는 경우를 많이 보게된다.

바로 이러한 현상을 보고 해충이 약제에 대해 저항성이 발달되어 그렇다고 하는 것이다. 다시말하면 약제저항성이란 과거에는 살충제를 살포하면 잘 죽던 해충이 현재에는

같은 종류의 약을 같은 양으로 똑같이 살포하여도 죽지 않게 되는 현상을 말한다.

그렇다면 이러한 현상은 어떻게 하여 생기는가? 즉 해충이 약제에 대해 저항성이 발달되는 원인은 무엇인가?

해충의 집단 내에는 서로 다른 유전자를 갖는 많은 개체가 존재하는데 여기에 어떤 종류의 살충제를 살포하면 그 약제에 아주 강한 해충이 살아남게 되며 그 개체가 번식하게 되는데 거기에 똑같은 살충제를 또 뿌리면 더 많은 개체가 살아남게 된다. 이와 같은 현상이 되풀이되다 보면 같은 살충제에 전혀 죽지 않는 집단으로 변하게 된다. 이때 해충이 죽지 않으니까 농약을 더욱 진하게 타서 뿌리면 더욱 강한 개체가 살아남게 되고 증식되어 더욱 강력한 저항성이 발달되게 되는 것이다. 이러한 성질은 아주 안정화되어 다음 세대로 계속하여 유전되어 세월이 흐를수록 저항성이 더욱 발달되게 된다. 사람도 신병의 치료를 위해 항생제등을 장기간 사용할 경우 병원

균이 그 약제에 대해 저항성이 생겨 약효가 떨어져 항생제의 단위를 높이거나 종류를 바꾸는 예가 많은데 이와 똑같은 이치로 생각하면 이해가 쉽다.

그러므로 같은 종류의 약을 오랜 기간동안 계속하여 사용하면 저항성이 급속하게 발달되게 마련일 것이다. 바꾸어 말하면 약제저항성도 해충이 환경에 적응하며 진화하는 현상의 하나로 살충제도 여러가지 자연조건의 한가지로 받아들여지며 이에 대한 적응이 저항성의 현상으로 나타나는 것이다.

따라서 살충제는 해충집단내에 살충제에 약한 개체는 죽여서 도태시키고 강한 개체만을 살아남게 하는 하나의 도태물질 역할을 하게 되는 셈인데, 도태압이 강하고 도태횟수가 많을수록 저항성 발달정도는 달라지게 된다. 그러니까 한가지 약제를 연용하고 농도를 높여 사용할수록 저항성이 빨리 생기고 더욱 강력한 저항성을 유발시키는 결과가 되는 것이다.

우리나라의 해충방제 실태를 보면 많은 농민이 어떤 약제를 살포하여 우수한 방제효과를 보면 몇번이고 또 몇년에 걸쳐 그 농약만을 사용하려 하고 그 주위의 농민 그리고 마을, 부락 단위로 동일 살충제가 사용되고 있어 약제저항성 발달을 가속화시키고 있는 실정이다.

2 약제저항성 발달현황과 그 실태

살충제에 대한 저항성의 최초의 사례는 1908년 미국에서 산호제각지벌레가 석회유황합제에 저항성이 생긴 것이다. 그 이후 많은 종류의 해충이 여러가지 약제에 대해 저항성이 생긴 보고가 잇따르고 있다.



충제 미량국소 처리에 의한 멸구류, 나방류 해충의 저항성 발달정도 조사

현재는 세계적으로 약 500여종의 해충이 약제에 대해 저항성이 생긴 것으로 알려져 있다.

우리나라에서도 진딧물, 응애류, 끝둥매미충, 애멸구 등 여러 종류의 해충에서 높은 약제저항성이 발달

되었음이 보고되고 있다. 특히 년간 발생세대수가 많고 약제살포 횟수가 많은 원예작물의 주요 해충인 응애류와 진딧물류 등에서 높은 배수의 약제저항성이 발달되어 있다. 또 한가지 특징적인 것은 같은 약제라

표 1. 세계의 약제별, 해충 종류별 약제저항성 발달 해충수

해충별	저항성해충수				
	유기인계	유기염소계	카바메이트계	피레스로이드계	기타
파리목	62	107	11	10	109
나비목	34	41	14	10	43
딱정벌레목	26	24	9	4	70
응애류	45	18	13	2	43
노린재목	30	14	13	5	16
기타	15	29	4	1	41

표 2. 우리나라의 과수원에 있어 지역별 점박이용어의 약제에 대한 저항성 배수

(95. 농과원)

약제계통별	저항성배수		
	대구, 안동	충주, 예산, 의성	화성
유기주석계	4	20	4
브롬계	15	30	20배 이상
아미트라즈계	60	150	300배 이상
합성피레스로이드계	20	-	-

* 약제의 계통별 조사는 특정약제를 선정하여 실시하였음.

하더라도 지역별로 약제저항성 발달 정도차이가 크게 다르다. 그 이유는 앞서 말한 것처럼 농민의 농약 선호도가 지역단위로 크게 다른데 있는 것으로 판단된다.

우리나라에서 약제저항성 발달로 약효가 저하되기 시작한 것은 1970년대 후반 벼의 끝동때미충이 유기인계에 대한 저항성이 크게 발달되어 일부 약제에 대해 약효가 크게 떨어진 것을 필두로 해서 80년대 후반부터 과수류의 응애, 진딧물류, 채소류의 진딧물, 배추좀나방, 잠박 이용애 등에서 수십배지 수백배의 약제저항성이 발달되어 방제에 많은 어려움을 겪고 있는 것으로 알려져 있다.(표 2, 3, 4 참조)

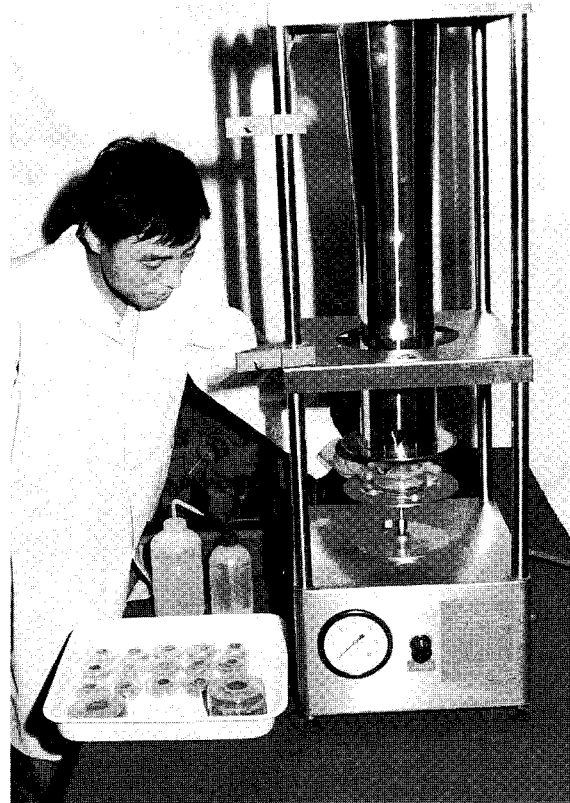
약제저항성에는 한가지 약제를 계속 사용했을 때 그 약제에만 착항성을 나타내는 단순 저항성과 2종 이상의 살충제에 대해 동시에 저항성이 생기는 교차저항성 그리고 2종 이상의 약제를 사용했을 때 여러 약제에 대해 저항성을 보이는 복합

저항성 등이 있다. 해충이 약제에 대해 저항성이 생기는 몇가지 주요 요인은 다음과 같다.

가. 살충제와의 접촉회피
살충제의 독작용은 약제가 해충에 접촉하면서 시작되는데 약제의 접촉은 해충의 행동 및 습성에 따라 크게 영향을 받는다. 따라서 해충이 본래 가지고 있는 특성에 의해 약제에 대한 기피행동을 나타내며 이도 약제저항성의 한 요인이 된다.

나. 살충제의 해충 피부 투과성 저하

해충이 살충제의 피부 투과성을 저하시킴으로써 저항성 해충이 될 수 있다. 피부투과성 저하는 살충제의 투과속도를 늦춤으로써 작용점에 이르는 약량을 저하시



분무처리에 의한 진딧물류, 응애류 등의 약제저항성 발달정도 조사

킨다. 피부투과성 저하를 시키는 방법으로 돌연변이에 의해 피부 두께가 두꺼워진다는가 피부층에 지방(왁스)이 많이 함유되는 등 여러가지 방법에 의해 약제가 체내로 들어가지 못하도록 해충이 변형되는 것이다.

다. 해독효소의 활성화증가

생물체내에는 생명을 유지하기 위해 많은 유기 화합물이 필요하며, 생명유지에 불필요하고 해가 되는 물질은 해독효소 작용에 의해 분해, 무독화되어 배설된다. 따라서 농약도 일종의 불필요하고 해가 되는 화합물로 해충의 체내에서 해독효소의 작용에 의해 대사되어 무독화물질 상태로 배설된다. 해독효소 활성화의 상승은 짧은 시간내에 체내에 침입한 농약을 많이 해독함으로써 작용점에 이르는 농약의 양을 크게 줄

표 3. 지역별 목화진딧물의 약제에 대한 저항성 비교

('86. 농과원)

공 시 약 제	저 항 성 배 수		
	여 주	예 산	총 주
유 기 인 계	160	10	9
합성피레스로이드계	4~8	4~200	3~35
카바메이트계	2500	800배 이상	-

* 약제의 계통별 조사는 특정약제를 선정하여 실시하였음.

표 4. 지역별 조팝나무진딧물의 약제별 저항성 비교

('86. 농과원)

공 시 약 제	저 항 성 배 수		
	수 원	여 주	총 주
유 기 인 계	15~16	1~30	3~330
합성피레스로이드계	840	15	2
카바메이트계	150배 이상	110배 이상	40

* 약제의 계통별 조사는 특정약제를 선정하여 실시하였음.

이는 결과가 되므로 전과 같은 양의 농약으로 죽일 수 없게 되며 이는 매우 중요한 저항성 기작의 하나다.

라. 작용점의 변화

살충제는 충체내에서 포합, 대사 등 해독작용을 거치면서 작용점에 도달하게 된다. 현재 개발되어 사용되고 있는 살충제는 대부분이 신경계를 작용점으로 하고 있는데 그 기능을 저하 또는 상승시킴으로써 생리적인 장애를 일으켜 살충작용이 나타나게 된다. 따라서 작용점의 변화는 살충제의 작용점에 대한 영향을 크게 줄일 수 있다. 해충은 작용점의 구조를 변화시킴으로써 살충제가 결합하기 어렵게 하여 그 살충제에 대해 저항성을 갖게 되는 것이다.

3. 살충제 저항성 해충의 효율적 방제 대책

해충의 밀도를 조절하기 위해 살충제를 농업환경에 투입, 이용하는 한 저항성 문제를 근본적으로 해결할 수는 없다. 다만 저항성의 발달하는 속도를 아주 늦춤으로써 살충제의 효과를 오랜기간 동안 유지하는 방법밖에 없다.

저항성 발달을 늦추기 위해서는 첫째, 약제는 규정농도를 지켜서 사용하여야 한다. 약제의 규정농도는

해충의 밀도를 낮게 유지하기 위한 최소의 약이므로 이보다 높은 농도 사용은 진화의 도태압이 높아져 오히려 저항성 발달이 빠르게 된다. 또한 천적 등 생태계에 대한 영향도 커서 해충의 빠른 증식에 영향을 줄 수도 있다.

둘째, 같은 약제를 연간 1~2회 이상은 살포하지 말고 작용특성이 다른 약제로 바꾸어 번갈아가며 살포하여야 한다. 한 약제의 연속살포는 그 약제에 대한 저항성 유전자의 빈도를 증가시키므로 저항성이 발달하게 된다. 작용기구가 다른 약제의 사용은 앞서 사용한 약제에 대한 저항성 유전자의 빈도를 줄이면서 방제효과를 높일 수 있다. 또한 상당기간 사용하지 않은 약제에 대해서는 과거에 그 약제에 저항성이 생겼던 해충이라도 저항성이 점차 낮아지게 된다. 한가지 예로 어떤 해충에 오랜전에 저항성이 생겨 방제 약제로 사용할 수 없었던 약제가 수십년간 사용하지 않다가 사용할 경우 매우 높은 방제효과를 보이는 경우가 많다.

셋째, 약제살포를 매년 같은 시기에 정기적으로 살포하는 것을 삼가야 한다. 해충의 발생밀도나 충태를 고려하지 않고 예방적으로 또는 의례적으로 하는 관행적인 약제살포

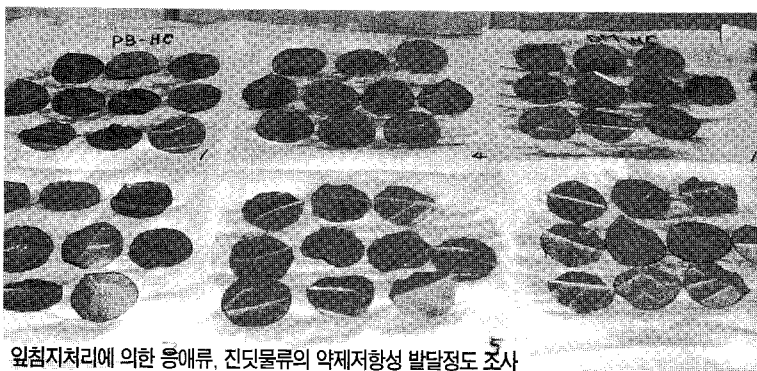


유재기
농업과학기술원 관장

는 약제저항성 유발을 촉진하고 천적류 등의 밀도를 크게 낮추는 악영향을 미치는 결과를 초래하게 된다.

넷째, 예찰을 철저히 하여 해충의 발생밀도나 충태 등을 고려하여 약제방제를 하여야 할 경우에는 될 수 있는대로 과거에 사용하지 않았던 약제와 유용천적에 영향이 적은 약제를 선택하여 살포하여야 한다. 그러기 위해서는 방제대상 해충별 약제와 천적종류별로 선택성 정도 등의 정보가 필요한데 이러한 자료는 몇년전부터 지도사업 자료로 제작한 책자를 참고하면 된다. 이렇게 할 경우 방제횟수와 농약사용량을 크게 줄일 수 있고 유용천적의 보호 등으로 해충의 방제효율도 더욱 높아질 것으로 기대된다.

마지막으로 저항성 대책으로 꼭 권할 사항은 약제 살포의 기록이다. 해충이 저항성 계통이 된다함은 약제가 투입된 환경의 정보를 유전자 속에 넣은 결과이다. 본래 유전자란 그 생물이 진화되어 온 환경의 기록인 것이다. 따라서 약제 살포의 기록은 해충의 약제에 대한 유전자의 기록으로 대체약제의 선택이나 약제방제의 중요한 기초자료가 되기 때문이다. **농약정보**



잎침지처리에 의한 응애류, 진딧물류의 약제저항성 발달정도 조사