

우리모두의 문제 ‘약제저항성’



이 글은 세계농약공업연맹(GIFAP)이 제작한 시찰강 교재
 〈Agricultural Pesticides-The Paradox of Resistance〉를
 번역한 것입니다. (편집지주)

약제효과 없애는 병해충 변화

1. 작물보호제는 근대 식량생산의 한 총체적 부분으로써 이들 없이는 병해충 피해에 의하여 수량 및 품질이 현저하게 저하된다.

2. 그러나 최근에 작물보호제에 대한 병해충의 저항성이 증가하여 이들 약제의 유용가치가 위협받을 정도로 심각해졌다. 약제저항성이란 한 약제의 효과를 없게 만드는 병해충 집단내의 변화의 결과를 말하며 이것은 자연현상중의

하나이다.

3. 약제저항성 문제는 점차 심각해질 우려가 있지만 현재의 약제 사용방식을 바꾸도록 대처한다면 예방할 수 있다.

4. 효과가 좋은 약제들의 약효를 장기간 지속시키기 위해서는 실제사용자와 제조업체가 힘을 합쳐야만 한다.

5. 작물보호 관련사업은 1990년대 초에 시작되어 세계식량생산의 양과 질을 높이는데 점점중요적으로 중요한 역할을 담당하고 있다.



6. 오늘날 병해충방제 약제에 쓰이는 비용1불당 대략 4불에 해당하는 수량이 증수되고 있다. 또 이들 약제의 품질도 특히 지난 20년동안 근본적으로 개선되었다.

7. 신제품들은 목적하는 대상병해충 외에 그 환경내의 다른 생물에는 해가 없도록 점점 더 적용범위가 세분화되어 가는 경향이다.

8. 어쨌든 약효의 증진이나 환경에 대한 안전성 향상에 힘입어 최근에 작물보호용 약제들이 유래 없이 많이 사용되고 있다. 이와같은 성공은 한편으로 댓가를 요구하고 있다. 약제의 적용범위가 세분화되고 그 사용량이 증가함에 따라 약제저항성이 우려되고 있는데 이것은 대상병해충 집단중 일부에서 그 약제에 대하여 영향을

받지 않는 개체가 생겨 결국 유전적으로 저항성화합을 의미한다.

9. 한 작물에 병해충 발생이 많아지면 농민들은 약제를 적정농도 이상으로 더 자주 사용하게 되기 쉬운데 사실상 이것보다 더 해가 되는 것이 없다. 현재의 심각한 약제저항성 문제의 대부분은 농약에 표기된 사용지침을 무시한 데서 비롯된 것이다.

10. 약제저항성 출현을 회피하거나 지연시키기 위한 대책이 상호협력체제하에서 전 재배기간동안 전 면적에 걸쳐서 성공적으로 강구되어야 한다.

11. 이렇게하기 위해서는 농민, 정부관련기관, 제조업체간에 상호협력력이 필요하며 작물보호 관련 산업은 약제저항성에 대처하기 위

한 가장 효과적인 무기인 지식, 즉 약제 저항성의 원인과 그 예방대책에 대한 지식을 사용하여 공동 대처할 수 있도록 이들을 도와주어야 한다. 이 자료도 이러한 노력의 일환으로 제작되었다.

약제저항성의 역사적 고찰

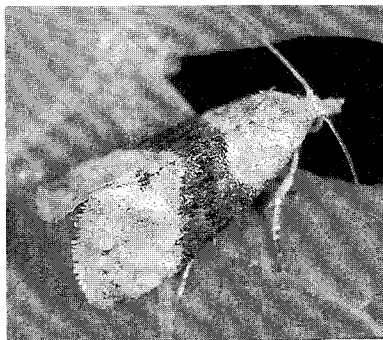
12. 약제저항성의 최초사례는 1908년으로 거슬러 올라간다. 그 후 수백여종의 곤충과 응애류에서 약제저항성이 관찰되고 있다. 그러나 최근의 한 산업체의 조사결과를 보면 그 중에서 경제적으로 중요한 것은 25여종에 불과하다. 이외에도 최소한 100여종의 식물병원균, 몇가지 주요 잡초, 선충 및 쥐에 있어서 약제저항성 계통이 보고되고 있다.

13. 지난 30여년동안 약제저항성 문제는 중요도가 별로 없는 비교적 매우 희박한 현상으로부터, 효과가 매우 좋은 약제의 약효를 상실하게 만들 정도의 수준으로까지 심화되었다. 한 해에 매우 만족할만한 방제효과를 가져온 약제가 다음해에는 약효가 거의 없게 되는 사례가 여러지역에서 발견되고 있다. 이와같이 약제저항성

은 종종 전제배작물을 망치는 결과를 초래하며 결과적으로 경작자에게 심각한 재정적 부담을 안겨준다.

14. 혁명적 신살균제인 베노밀에 대한 약제저항성이 1970년에 처음으로 보고되었는데 이것은 살균제저항성의 심각성을 일깨우는 좋은 사례이다. 이 살균제는 미국 동남부지역에서 땅콩의 검은무늬병을 방제하기 위하여 2~3년간 집중적으로 사용되었는데 그후 이 지역에 약제저항성이 대규모로 발생하였다. 이 때문에 농민들은 베노밀 대신에 약효가 낮고 더 비싼 약제를 사용해야만 하였다.

15. 1973년 북유럽의 사과재배 농민들도 사과에 큰 피해를 주고 있는 검은별무늬병이 베노밀에 대한 저항성 때문에 더이상 이 약제

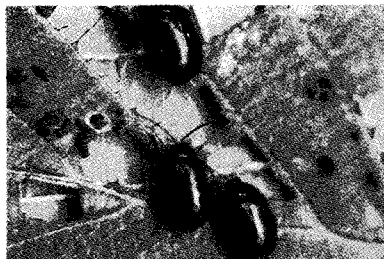


에 의한 방제가 불가능함을 발견하였다. 이와 유사한 사례가 1980년 네덜란드와 아일랜드에서 발생하였는데 이것은 치명적인 감자역병을 방제하기 위하여 사용한 페닐아미드계 농약의 도입에서 비롯된 것이었다.

16. 살충제에 대한 저항성도 처음에는 산발적으로 발생하다가 점차 발생이 증가하는 점은 살균제와 비슷하다. 오늘날 동남아시아의 여러지역에서 발생하고 있는 배추과 작물의 배추좀나방은 시판 살충제의 대부분에 대하여 저항성이다.

17. 약제저항성은 인체의 건강 및 복지에 또한 문제가 된다. 마라리아모기는 대부분의 열대국가에서 이미 극복되어 큰 문제가 없지만, 1970년대에 다시 발생이 증가하기 시작하여 1980년까지 수많은 지역에서 채집한 학질모기 60여종중 51종이 현재 흔히 사용하고 있는 농약에 대하여 저항성으로 판명되었다.

18. 들쥐의 왈파린 저항성은 1958년에 최초로 발견되었는데 1970년대 중반에는 미국의 한 지역에서 채취한 들쥐의 100%가 왈



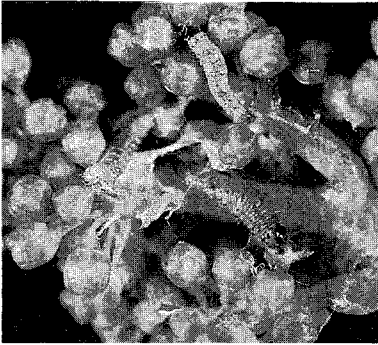
파린 저항성을 가지고 있음이 밝혀졌다.

교차저항성으로 악화소지도

19. 약제저항성 문제는 교차저항성이라고 알려진 한 현상 때문에 점점 악화할 소지가 있다. 약제의 분자구조가 비슷한 약제들은 한 약제에 대하여 저항성이 생기면 나머지 비슷한 약제들에 대하여도 저항성이 생기게 된다.

20. 이와같은 교차저항성과 관련된 문제들을 회피하기 위해서는 현 제조업체들이 자사제품에 대한 보다 상세한 정보를 제공하여야만 한다.

21. 약제저항성의 증가추세 때문에 관련 산업체에서는 현재 약효가 없어진 농약을 대체하고 독특한 작용기작을 갖는 신약제를 개발하기 위하여 많은 노력을 경



주하고 있다. 그러나 작물보호제로 사용가능한 분자화합물의 수는 현저히 감소하고 있다. 이것은 새로운 화합물은 약효가 대단히 우수하여야 할 뿐만 아니라 사용에 대한 안전성도 매우 높아야하기 때문이다. 이러한 화합물을 발견하고 개발하기 위한 비용도 지난 20년간 급격히 증가하였다.

22. 새로운 작물보호제를 시장에 내놓기 위하여는 그 연구와 개발에 대략 10년의 기간이 필요하며 약 7천만불의 비용이 소요된다. 또한 단 한개의 약제를 개발하기 위하여 3만여종의 화합물이 시험되어야 한다. 이 막대한 노력과 투자가 약제저항성 때문에 단 몇년안에 쓸모없이 된다면 실제사용자나 제조업체 모두의 문제가 될 수 밖에 없다. 그러나 약제저

항성은 그 원인을 이해함으로써 해결책을 찾을 수 있다.

저항성은 어떻게 생기는?

23. 그러면 약제저항성은 어떻게 생기는가? 약제저항성은 매우 단순한 진화적 선발과정에서 생긴 것이다. 약제를 사용하게 되면 그 약제에 대하여 감수성인 개체들은 계속적으로 살아남게 된다. 만일 이들 약제를 추천농도 이상으로 집중적으로 사용하게 되면 저항성 계통만이 번식하여 우점하게 되고 따라서 농민들은 이 약제의 사용에 의하여 대상병해충을 방제할 수 없게 된다.

24. 약제저항성의 대상이 파리, 곰팡이, 쥐, 혹은 잡초이든간에 저항성이 생기는 과정은 '부과된 강한 선발압 때문에 자연선발이 가속화되기 때문이다.

25. 약제저항성을 예방하기 위한 성공적인 대책을 마련하기 위해서는 병해충의 생태에 대한 상세한 이해가 필요하다. 약제저항성은 과학적으로 관리되어야만 한다. 불행하게도 이에대한 간단한 해결책은 없다. 따라서 병해충, 방제약제, 재배환경이 각각 조사

검토되어야 한다.

26. 그러면 약제저항성의 기작은 무엇이며 어떻게 관리할 수 있는가?

27. 한 생물체가 한 약제에 대하여 저항성이 되는 기작은 여러가지가 있다. 생물체는 처음부터 약제를 흡수소화할 수는 없을 것이다. 그 생물체는 약제분자가 가진 독성을 무독화시키거나 파괴할 수 있는지 모른다. 약제분자가 존재하더라도 효과가 없도록 결합위치를 바꾸는 경우도 가능하다. 또한 약제분자를 몸속에서 더 신속하게 제거할 수 있게 되기도 모른다.

28. 저항성기작이 무엇이든간에 그 생물집단에서 살아남아 번식하기 위해서는 유전적으로 그 성질이 후대로 전달되어야 한다.

29. 약제저항성이 한개의 유전자에 의하여 지배되는 경우가 있는데 이것이 집파리가 피레스로이드계 살충제에 대하여, 혹은 감자역병균이 페닐아마이드계 살균제에 대하여 저항성이 단기간 동안에 출현하게 된 원인 일 수 있다.

30. 약제저항성이 실제로 나타나기 전에 일련의 저항성유전자가

이미 집단속에 존재하는 경우가 있는데 이 경우에는 몇가지 예에서 보는바와 같이 저항성이 서서히 나타나게 된다.

31. 저항성을 지배하는 유전자의 수가 한개이든 여러개이든간에 그 저항성유전자들은 자연상태에서 병해충집단내에 거의 항상 존재한다. 새로운 약제가 시판되기 시작한 바로 그날부터 저항성개체는 이미 대상병해충 집단내에 존재하지만 그 수가 극히 적어서 대개 1억분의 1에 불과하다.

32. 그러나 약제를 계속 사용하게 되면 집단내의 감수성개체들은 선택적으로 제거되기 때문에 결국 그 집단내의 균형이 깨져서 저항성개체들만이 계속적으로 증식하여 우점하게 된다. 집단내 저항성개체의 증가가 농업적으로 문제시되는지의 여부는 여러가지 다른 요인들에게 달려 있다. 대상 생물체의 번식율이나 확산속도, 약제의 지속성과 적용범위의 특이성, 사용자의 손에 달려있는 요인으로 사용농도의 살포횟수등이 그것인데, 이들 요인들이 병해충집단내에 생기는 선발압의 크기를 결정한다. <계속>