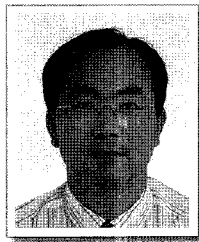


## 제초제 저항성 잡초 및 관리방안

# 서로다른 작물 교대재배 제초제 선택 폭 넓혀야

저항성 잡초의 발생 및 조기 확산을 방지하기 위한 재배방법이나 제초제 사용요령 등의 지속적으로 교육·홍보가 필요하며, 모니터링과 저항성 발현기작 연구 등을 통해 올바른 진단이 이루어질 수 있도록 정부는 조속히 대책을 수립해야 한다.

작물재배에 있어 잡초가 방제되지 않으면 거의 수확을 할 수 없을 만큼 잡초로 인한 피해는 크다. 그래서 예로부터 농사는 '잡초와의 싸움이다' 라고 했다. 제초제는 1940년대 후반에 처음 상업화되어 현재 국내에는 400여개 품목이 등록·사용되고 있다. 제초제는 방제가 어려운 잡초방제를 가능하게 하며, 토지의 이용성을 증진시키며, 농산물의 품질을 향상시킴으로써 결과적으로는 적은 비용으로 농업생산력을 높일 수 있어 사용량이 꾸준히 증가해 오고 있다.



박기웅  
한국생명공학연구원 박사

## 제초제 저항성 잡초의 출현

제초제의 이러한 순기능에도 불구하고 같은 계통의 제초제를 연용 함에 따라 제초제

저항성 잡초의 출현이 전 세계적으로 문제가 되고 있다. 최초 제초제 저항성은 1957년에 보고된 바 있으나 1968년에 미국에서 처음으로 트리아진계 제초제 저항성 개쑥갓이 실험에 의해 입증됐다. 그 이후로 다양한 제초제 저

항성 잡초들이 전 세계에서 발견되며 꾸준히 증가하여 지금까지 347개의 제초제 저항성 생태형이 194개 초종에서 보고되고 있다(그림1). 우리나라에서는 1998년에 설포닐 우레아계 제초제에 대한 저항성이 최초로 확인되었으며 그 이후로 물달개비, 올챙이 고랭이, 미국외풀, 피 등 12개 초종에서 저항성이 보고되고 있다(표 1).

제초제 저항성이란? 식물들이 일반적으로 살아남을 수 없는 약량으로 처리해도 살아

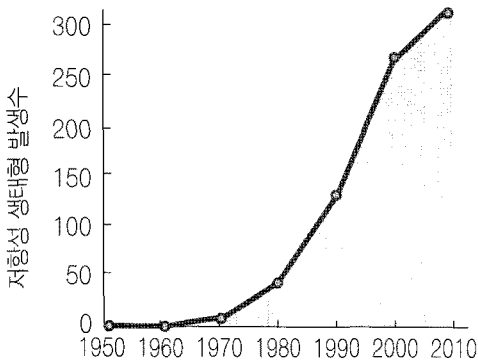


그림 1. 연도별 제초제 저항성 잡초 증가 추세

남아 다음세대로 번식할 수 있는 종의 유전적 능력으로 정의할 수 있다. 흔히 제초제 내성과 혼동하여 사용되고 있는데 내성이 본래 그 초종이 갖고 있는 고유의 특성이라면 저항성은 유전적 변이에 의한 각 개체의 특성이라고 볼 수 있다. 따라서 저항성은 생태계 내에 자연적으로 존재할 수도 있으며 형질전환이나 변이체의 선발과 같은 인위적 기술에 의해서도 만들어질 수 있다.

### 발생원인

제초제 저항성 잡초의 발생원인이 흔히 제초제가 식물체내에 돌연변이를 일으키기 때문이라고 잘못 알고 있는 경우가 많이 있다. 잡초군락은 겉으로는 비슷하게 보이지만 유전적으로 작은 차이들을 갖고 있어 사실상 상당히 큰 다양성을 지니고 있다. 이렇게 작은 유전적 변이들이 때로는 특정 제초제에 저항성을 부여하게 된다. 일반적으로 잡초군락에서 변이 빈도는 매우 낮으며 형태학

표 1. 제초제 저항성 잡초 초종 및 제초제

초종	발생시기	제초제
물옥잠	1998	ALS 저해 제초제
물달개비	1999	ALS 저해 제초제
미국외풀	2000	ALS 저해 제초제
올챙이고랭이	2001	ALS 저해 제초제
마디꽃	2001	ALS 저해 제초제
알방동사니	2002	ALS 저해 제초제
올미	2004	ALS 저해 제초제
새섬매자기	2006	ALS 저해 제초제
피	2006	ALS 저해 제초제 ACCCase 저해 제초제, 기타
벗풀	2009	ALS 저해 제초제

적으로 차이점을 보이지 않기 때문에 구별하기가 매우 어렵다. 하지만 군락 내에 같은 제초제를 해마다 반복·처리한다면 제초제에 감수성인 개체들은 급격하게 줄어들 것이며 반면에 저항성인 개체들은 급격하게 증가할 것이다. 따라서 특정 제초제에 저항성인 잡초들이 진화하게 된다(그림 2).

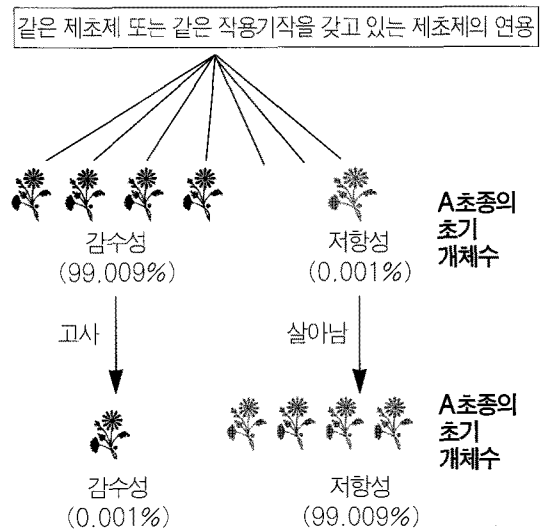


그림 2. 제초제 저항성 개체가 증가하는 모식도

제초제 저항성 잡초의 발생시기와 속도는 잡초와 제초제의 특성에 따라 달라질 수 있다. 만일 잡초군집 내에서 저항성 개체의 초기 빈도가 높은 경우나 특정 제초제에 고도로 민감한 잡초의 경우 저항성 개체의 증가 속도는 더욱 빨라질 것이다. 또한 잡초종자의 특성상 토양 내에서 종자의 수명이나 휴면기간이 긴 경우 토양 내의 감수성 종자를 계속해서 제거하는데 많은 시간을 소요해 저항성 개체의 증가속도는 줄어든 것이다.

한편 제초제의 특성이 저항성 잡초의 출현에 영향을 미칠 수도 있다. 제초제의 잔류기간이 긴 경우 오랜 기간 동안 감수성 개체를 방제할 수 있기 때문에 저항성 개체가 증가할 수 있다. 또한 같은 제초제나 같은 작용기작을 갖고 있는 제초제들을 계속해서 사용할 경우 잡초군락 내에 선택압을 높이기 때문에 저항성 개체가 더 빨리 증가하게 된다.

### 저항성 발현기작

제초제 저항성 잡초들을 효율적으로 방제·관리하기 위해서는 먼저 저항성 잡초들의 저항성 발현기작을 이해할 필요가 있다. 저항성 발현기작은 살초작용점의 변형이나 과다발현에 의한 경우와 제초제가 작용점까지 도달하기 전에 물리·화학적으로 제거되는 경우로 크게 나누어 생각해 볼 수 있다.

제초제가 잡초를 고사시키기 위해서는 식물체내에 흡수·이행되어 제초제의 작용점까지 도달해 살초작용을 나타내야 하는데

식물 잎의 형태학적 변형이나 물관, 체관부의 변형에 의해 충분한 양의 제초제가 살초작용점까지 도달하지 못하는 경우가 있다. 또한 작용점까지 도달하기 전에 식물체내에서 여러 생화학반응에 의해 제초제가 독성을 잃어버리는 경우(제초제의 대사) 식물체들은 저항성을 보이게 된다.

제초제는 화학구조상 여러 계통으로 분류되며 일반적으로 동일계통의 제초제는 같은 살초작용점을 갖는 경우가 많다. 대표적으로 광합성, 단백질합성, 세포분열 등과 관련되어 있다. 보통 살초작용점의 단백질(효소)이 돌연변이에 의해 변형되면 제초제가 작용점에 결합하지 못하게 된다. 따라서 제초제가 식물체의 생리적 활성기능을 저해하지 못하기 때문에 저항성을 보이게 된다.

### 저항성의 유형

특정 제초제에 저항성인 개체들은 흔히 같은 작용기작을 갖고 있는 다른 제초제에도 저항성을 갖는 경우가 많다. 심지어 한 번도 사용하지 않은 제초제에 저항성을 보이기도 한다. 이 경우를 교차저항성이라고 한다. 일례로 우리나라에서 가장 넓은 면적에서 저항성이 발생하는 물달개비의 경우 설폰닐우레아계 제초제인 벤셀퓨론에 저항성을 보이고 있으며 같은 작용기작을 갖고 있는 피라조설폰론, 아짐설폰론, 시노설폰론 등에도 저항성을 나타내고 있다.

서로 다른 작용기작을 갖고 있는 제초제

에 저항성을 나타내는 경우도 있다. 예를 들어 광합성을 저해하는 트리아진계에 저항성인 개체가 아미노산 합성을 저해하는 설포닐우레아계에도 저항성을 나타내는 경우를 말한다. 이때 이 잡초들은 두 제초제에 대해 복합저항성을 갖고 있다고 한다.

미국에서는 밀 재배지에서 설포닐우레아계 제초제 저항성 털빚새귀리가 보고된 바 있는데 트리아진계 제초제와 지방산 생합성 경로에 중요한 효소인 ACCase저해 제초제에도 저항성을 나타냈다. 이 경우 복합저항성 발현 기작은 상당히 복잡하며 제초제 작용점에서의 돌연변이에 의한 변형뿐만 아니라 식물체 내에서 제초제의 무독화 과정에 의해서도 저항성을 발현하는 것으로 나타났다.

우리나라에서도 최근 여러 지역에서 피에 대한 복합저항성이 출현하여 방제에 큰 어려움이 있다. 이들은 사이할로포프, 페녹사프로프, 메타미포프 등과 같은 ACCase저해 제초제와 설포닐우레아계 제초제에 저항성인 것으로 나타났다.

### 관리 및 확산방지 방법

저항성 잡초를 관리하기 위해 먼저 염두에 두어야 할 것은 저항성을 선별하는 압력(선택압)을 줄이는데 초점을 맞춰야 한다. 같은 제초제나 같은 작용기작을 지닌 제초제를 계속해서 사용할 경우 선택압이 커져 저항성잡초 문제를 악화시킬 수 있다. 따라서 서로 다른 작용기작을 갖고 있는 제초제들을

재배시기별 또는 해마다 번갈아 가며 처리함으로써 저항성 잡초의 출현을 방지하거나 늦출 수 있다. 또한 해마다 같은 작물을 재배하게 된다면 그에 따른 파종시기, 재배방법, 발생잡초 초종 등이 유사하여 다른 작용기작을 갖고 있는 제초제들을 선택하여 처리하기가 어렵게 된다. 서로 다른 작물들을 교대로 재배하게 되면 제초제 선택의 폭을 넓힐 수 있어 저항성 개체를 죽이거나 자리 잡을 수 있는 기회를 줄일 수가 있게 된다.

### 제초제 올바른 사용요령 교육필요

일반적으로 제초제 저항성 잡초의 발생원인은 같은 제초제를 해마다 반복하여 처리함으로써 이미 존재하고 있는 자연돌연변이 개체가 계속해서 선택되어 발생한다. 이미 국내에서도 제초제 저항성 초종들이 여러 지역에서 발견되고 있으며 심각한 수준에 이르고 있다. 하지만 재배자나 농약판매상 대상의 교육이나 정부차원의 관리방안이 제대로 마련되어 있지 않아 제초제 저항성 잡초로 인한 피해는 더욱 증가할 것으로 생각된다.

정부는 제초제 저항성 잡초의 발생과 조기 확산을 방지하기 위한 재배방법이나 제초제 사용요령 등을 지속적으로 교육·홍보할 필요가 있다. 또한 지속적인 모니터링과 저항성 발현기작 연구 등을 통해 문제를 올바르게 진단하고 대책을 마련할 수 있도록 아낌 없는 지원을 해야 할 것이다. Y