



김정한
서울대 농업생명과학대 교수

힘 한 역경을 견디면서 끈질기게 버티어 가는 삶을 빗대어 흔히들 잡초 같은 인생이라 말하기도 한다. 이처럼 잡초에 대한 이미지는 엄청난 생명력을 소유하여 밟아도 죽지 않고 살아남아 꽃을 피우고 열매와 씨앗을 맺어 다음 세대를 퍼뜨리고 번성하는 것이다. 그런데 입장 바꿔 생각하면, 잡초를 제거하는 일이 농업의 중요사인데 잡초가 저렇게 죽지 않고 버티고 무성하면 정말 큰일이다.

더욱이 잡초는 한 두 종이 아니다. 발생하는 장소에 따라 논잡초, 밭잡초가 다르고 형태학적으로는 화본과 잡초(잎이 좁고 가는 잡초), 방동사니과 잡초(줄기 단면이 삼각형인 잡초), 광엽잡초(잎이 둥글고 큰 잡초)로 구분하고 생활형에 따라 일년생 잡초, 다년생 잡

제초제에 잘 안죽는 잡초도 생겼다는데?

농작물 발생 308종 · 방제대상 22종 · 외래유입 잡초까지 등장, 전쟁터 방불
제초제 사용으로 제초시간 · 인력 1/20로 줄어, 저항성 발현 원인 역이용해야

초, 월년생 잡초(2년생 잡초)로 나눈다. 게다가 요즘은 제초제에 죽지 않는 제초제 저항성 잡초와 외래유입 잡초까지 번성하고 있으니 어찌면 “무슨 잡초 같은 인생이냐?” 고 되묻는 일이 발생할 수도 있을지 모르겠다.

그런데 잡초도 할 말은 있다. 원래는 들에 자라는 야생풀들로 방동사니, 강아지풀, 쇠비름, 명아주, 까마중, 쇠뜨기, 토끼풀, 물달개비, 바랭이, 개구리밥, 사마귀풀 등등 귀에 익숙한 정다운 이름들을 갖고 있다. 심지어 썩과 냉이도 속해있다. 물론 고약한 풀도 있지만 대부분 멀쩡한 풀과 나물들이 식량 작물 옆에서 자라다가 줄지에 잡초로 낙인찍혀 제거 당하는 신세가 되었다. 해충으로 전략한 아름다운 곤충과 같은 운명인 셈이다.

잡초

잡초는 우리가 열과 성을 다해 재배하는 작물과 수분, 영양분, 태



양광에 대하여 경쟁을 하면서 작물의 생육을 방해하고 따라서 농산물의 생산량을 감소시키고 품질을 저하 시킨다. 이래서 잡초라고 한다. 종류도 다양해서 농작물에 발생하는 잡초 종류가 308종이고 주요 방제대상이 22종이나 된다. 여기에 외래유입 잡초까지 등장해서 전쟁 상황이다. 상황이 이러하니 잡초를 효과적으로 제거해야 농산물 생산도 수월하고, 생산비도 낮아 저서싼 값에 좋은 곡물, 과일, 채소를 공급할 수가 있다.

예로부터 논밭에 잡초가 무성하면 게으른 농부로 이름나기 때문에 부지런히 '김매기' 를 해서 깨끗한 논밭을 만들어야 제대로 수확을 할 수 있다. 그러나 말이 김매기지 그게 쉬운 일인가? 띠약벌에 쭈그리고 앉아 호미질하면서 풀을 캐는데 손은 아프지, 먼지는 풀풀 나지... 정말 힘들고 지루한 작업이다. 힘 안 들이고 간단하게 경제적으로 잡초를 죽일 수 있으면 얼마나 좋을 까? 이때 바로 제초제가 필요한 것이다!

제초제

일반적으로 제초제는 농약이 아닌 줄로 오해하고 있다. 그러나 제초제도 살충제, 살균제, 생장조정제, 기타 농약류와 함께 작물보호에 쓰이는 농약의 한 부분이다. 잡초(식물)의 종류가 다양하고, 생리가 다르기 때문에 많은 종류의 제초제가 개발되어 있다. 특성에 따라 여러 가지 그룹으로 구분하지만 크게 '비선택성 제초제' 와 '선택성 제초제' 로 구분하는 정도는 알아둘 필요가 있다. 비선택성 제초제는 식물이라면 모두 죽이는 제초제이고 선택성 제초제는 잡초와 작물의 생리생화학적 차이를 이용하여 잡초만 죽이는 제초제이다. 벼와 피가 자라는 논에 처리하면 벼는 멀쩡하고 피만 죽는다. 두 식물이 사춘

표 1. 제초제 사용에 의한 노동력 절감율(농약의 안전성과 작물보호)

구 분	'49	'65	'75	'85	'90	'91이후
제초시간(시간/10a)	50.6	17.4	8.4	4.3	2.4	2.2
제초인력(인/10a)	6.3	2.2	1.1	0.5	0.3	0.3
지수(%)	100	34.5	16.6	8.5	4.7	4.3

간인 것 같은데도 구별해서 죽이니 참으로 신기한 과학이다.

이와 같은 제초제의 사용으로 힘 안 들이고 김매기 하는 소원도 풀고, 증산의 꿈도 이루었지만 더욱 좋은 것은 더 이상 김매기에 시간을 빼앗기지 않아도 된다는 것이다. 통계조사에 의하면 제초제를 사용하기 이전('49)에는 10a(300평)를 제초하는데 평균 6명 이상이 50시간이 넘게 일을 하였으나, 제초제를 사용하게 되면서 제초시간과 인력을 1/20 이하로 줄일 수 있어서 김매기 중노동에서 벗어나게 되었다(표1). 이보다 좋을 순 없다!

제초제 저항성 잡초

하지만 잡초도 만만치 않아서 제초제에 저항성을 발현시켜 살아남고자 하고 있다. 제초제 저항성 잡초도 살충제 저항성 해충과 마찬가지로 정상적인 제초제 농도에서는 죽지 않고 심지어는 표준사용량의 수십 배를 처리하여도 소용없는 경우가 있다. 세계적으로도 1980년 이후 급격히 증가하여 2000년 현재 250여종(biotype)이 넘고 트리아진계 제초제 저항성 잡초 및 설폰닐우레아계 제초제 저항성 잡초의 증가가 두드러지는 것으로 보고 되었다.

우리나라에서는 특히 논 잡초에서 저항성 발현이 심하다. 농촌진흥청에 따르면 논에 가장 많이 쓰는 제초제인 설폰닐우레아계 제초제에 저항성을 나타내는 논 잡초(표 2)가 발견된 첫해인 1998년에는 3,000ha에 불과했으나 2004년에

자문위원칼럼 ⑥ 제초제에 잘 안죽는 잡초도 생겼다는데?

표 2. 설포닐우레아계 제초제에 대한 논 잡초 물옥잠의 저항성 정도

제초제	GR ₅₀ (ga.i.ha ⁻¹)*		
	저항성 종	감수성 종	저항성 지수**
Bensulfuron	48.0	1.2	40
Cinosulfuron	20.9	0.5	42
Pyrazosulfuron	25.4	0.4	64

*물옥잠의 생육(무게)을 50% 저해하는 제초제의 농도

**저항성 종의 GR₅₀(ga.i.ha⁻¹)를 감수성 종의 GR₅₀(ga.i.ha⁻¹)로 나눈 값.

(Tae Seon Park, Herbicide Resistance in Korea, www.weedscience.org)

는 6만1,676ha로 7년 사이에 무려 20배나 증가한 것으로 조사됐다. 우리나라에서 제초제는 1970년대 초부터 본격적으로 사용되기 시작했으며 이때는 대부분 일년생 잡초방제를 위해 약효지속기간이 짧고 잡초의 여러 부위에 해를 가하여 죽이는 제초제가 사용되어 저항성이 생길 가능성이 낮았다. 그러나 1990년 초부터 사용이 시작된 설포닐우레아계 제초제는 다년생 및 광엽 일년생잡초, 방동사니과 잡초까지 방제가 우수해 많이 사용되어 왔다. 하지만 약효지속기간이 길고, 잡초의 필수 아미노산을 생성에 관련된 효소(ALS)만을 가해하는 작용 때문에 이 효소의 특성이 변하면 저항성을 갖게 된다. 이와 같은 설포닐우레아계 제초제 저항성 잡초는 충남 서산에서 물옥잠이 처음 확인된 이후 현재 물달개비, 올챙이고랭이, 물옥잠, 마디꽃, 미국외풀, 알방동사니, 새섬매자기, 올미 등 8종으로 늘었고 지역도 전국으로 확대돼 발생하고 있다.

제초제 저항성 발현 원인과 대책

잡초의 제초제에 대한 저항성은 살충제 및 살균제에서와 유사하게 크게 3가지 원인에 의하여 주로 발현된다(최신 농약학). 첫 번째로 제초제가 공격하는 잡초의 작용점이 제초성분에 대하여 덜 민감하게 반응하는 것으로 작용점 자체의 구조에 일부 변화가 발생, 제초제와의 결합력이 감소하게 되는 것을 의미한다. 현재의 연구 결과

로는 위에서 언급한 설포닐우레아계 제초제 저항성 논 잡초의 경우가 여기에 속하며 표2와 표3을 비교해보면 연결성을 알 수 있다.

두 번째로는 제초제에 대한 무독화 대사반응과 관련된 체계가 활성화되어 제초활성이 매우 약하거나 없는 분해산물들로 만들어 제초제에 대하여 견디는 능력이 강화되게 된다.

표 3. 논 잡초 물옥잠의 ALS에 대한 설포닐우레아계 제초제의 저해 농도

제초제	I ₅₀ (nM)*		
	저항성 종	감수성 종	저항성 지수**
Bensulfuron	529	7	76
Cinosulfuron	152	4	38
Pyrazosulfuron	372	6	62

*물옥잠의 효소활성을 50% 저해하는 제초제의 농도

**저항성 종의 I₅₀(nM)를 감수성 종의 I₅₀(nM)로 나눈 값.

(Tae Seon Park, Herbicide Resistance in Korea, www.weedscience.org)

세 번째로는 잡초에 처리된 제초제는 잡초에 침투되어 작용점에 도달하여야 살초작용을 나타낼 수 있는데, 잡초의 외부조직 또는 내부조직으로의 투과성이 감소되어 저항성을 갖는 경우도 있다. 몇몇 잡초에서의 제초제 paraquat에 대한 저항성 발현은 이러한 이유에 기인한다고 알려진 바 있다.

이와 같은 제초제 저항성 잡초를 효과적으로 방제하는 방법은 꾸준한 연구가 필요하다. 일반적으로는 계통이 다른 약제를 번갈아 사용하거나 혼합제를 사용하여 저항성 발현의 기회를 낮추는 방책으로 설포닐우레아계 제초제 저항성 논잡초의 경우에는 제초제 전문가에 의한 방제 방법이 잘 제시되어 있다(생활과 농약, 2005. 5월호). 다른 한 방법은 저항성 발현 원인을 역이용해서 잡초 내에서의 대사반응에 의하여 오히려 살초성이 더 강한 성분이 생성되는 제초제를 개발하는 것인데 어디 제초제 개발이 좀 쉬운 일인가? Y