

제초제

分解수위 환경오염배격약

「현명한 사용만이 최선의 길이다」

경북대학교 농과대학
교수 김길웅

급격한 산업화에 의해 농촌노동력의 도시이로의 집중, 인구의 계속적인 증가 및 경작면적의 제한성은 식량자급화내지 증산에 어두운 그림자를 던져주고 있다. 고도로 발달된 현대 농업 기술체계화에서 농약은 큰 몫을 담당하고 있으며 시간이 경과함에 따라 농약이 차지하는 비중이 증가되리라 믿어진다. 그러나 농약은 그 자체가 지닌 속성때문에 필요약으로 간주되어서 우리의 지혜와 현명함을 요청하고 있으며 안전한 사용만이 우리모두의 식탁을 풍성하게 할 수 있을 것으로 믿어진다.

이미 여러차례 농약의 안전사용법 잔류문제, 공해 및 여타 많은 과제 등에 대해서 전문가들이 많은 언급을 하였기 때문에 본고에서는 중복을 피하면서 주로 잡초방제법의 전개 및 중요성, 제초제의 행적, 안전사용법, 제초제에 대한 내성식물의 발현 및 선택성과 과용 또는 오용이 환경에 미칠 영향등에 대하여 필자가 아는 범위에서 논하고자 하며 조금이라도 식물보호 측면에서 보탬이 된다면 더 할 나위 없이 기쁠것으로 생각된다.

1. 잡초방제법의展開

농업의 역사는 B.C.10,000년부터 시작되었으며 그때부터 인간은 작물을 재배하기 시작하였고 잡초는 아

선진국에서는 산업화됨에 따라 농업이외의 직종이 많이 생겨 증가되는 비농업인구를 먹여 살릴수 있는 식량을 생산해야 되기 때문에 제초제의 이용 및 연구에 큰 발전이 있게 되었다.

마도 농업의 시작과 더불어 문제화 되었으며 손에 의해서 적절히 제거 되어졌을 것이다. 잡초방제법의 발달내지 변천의 역사를 볼 것 같으면 템포가 아주 느리게 진행되어 왔다. 변천해온 과정은 첫째로 B.C 8,000년에는 손에의한 방제, 둘째로 B.C 6,000년에는 원시적인 연장을 사용하였고, 셋째로 B.C 1,000년에는 동물을 이용하였고, 넷째로 AD 1920년경에 동력에 의한 기계방제의 시도, 다섯째로 AD 1930년에 생물학적 방제의 시도, 여섯째로 AD 1974년에 처음으로 농약을 사용한 제초법이 대두되어 오늘에 이르게 되었다. 전세계적으로 봤을 때 19세기말에도 잡초방제를 위해서 농약이 사용되기는 하였어도 실질적인 발전이 시작된 것은 1947년에 2,4-D가 상업용으로 제조된 이래 본격화 되었다. 그 후 30여년 동안에 100종 이상의 제초제가 개발되어 사용되고 있다.

그러나 제초제 이용이나 발전정도는 제초제의 사용 요구가 증가될 때진 일보와 발전이 이룩될 수 있다. 제초제에 대한 연구 및 사용의 급증은 주로 20세기 중후반에서 크게 이룩됐다.

제초제 이용이나 발전의 폭은 개발도상국과 선진국과는 엄청난 차이가 있다. 선진국에서는 산업화됨에 따라 농촌의 인구가 도시로 집중되어 농업 이외의 직종이 많이 생기게 되어 증가되는 인구를 먹여 살릴수 있는 식량을 생산해야 하는 가동노동력이 급격히 감소되면서 제초제 이용 및 연구에 큰 발전이 있게 되었다. 그러나 후진국일수록 산업화가 미진하여 풍부한 노동력은 제초제의 사용을 느리게 하였다.

우리나라도 제초제의 소모량이 1966년에는 127톤에 불과하던 것이 1979년에는 38,047톤으로 약 300배로 증가되었는데 이것은 지난 70년대의 우리나라 공업화 및 산업화에 의하여 농촌 노동인구가 도시 및 공장으로 이동됨에 따라 농촌노동력 부족 및 노임상승에 의해서 제초제의 수요가 크게 증대되었다. 이리하여 제초제의 사용은 하나의 신진 기술로서 많은 이점을 주고 있는데 첫째로 생산비 절감, 둘째로 단위면적당 수량성 증대, 셋째로 노동경합 문제해결, 넷째 기계화를 용이하게 하며, 다섯째로 수확을 용이하게 하고 깨끗한 농산물 및 가공을 용이하게 하

추천된 대부분의 제초제는 방제목적을 달성한후 대개 높은 정도의 분해성을 가지고 있기 때문에 미생물이나 식물자체에 의해 분해가 가능하고 그렇지 않은것은 잘 이용되지 않는다.

며 여섯째로 병해충 발생의 감소, 일곱째로 잡초에 의한 알레르기 증상을 없애 주는 등 여러가지 장점을 많이 가지고 있다.

반면에 제초제 사용의 확대 내지 증가는 또한 많은 문제점을 제기 시키고 있다. 제초제 사용으로 인하여 제기되는 문제점을 열거하면 ①작물에 대한 약해, ② 작물 및 토양내에 잔류, ③ 저항성 잡초의 대두, ④다른 농약과 동시사용 불가, ⑤ 공해 문제의 유발 가능성 등을 들 수 있다. 그러나 이와 같은 문제점은 제초제인 경우 제초제가 농민에게 사용되기 전에 대체로 평가 분석되므로 그렇게 염려 할바가 아니기도 하다.

잡초 내지 식물을 죽이기 위해서 제조된 제초제는 다른 농약에 비해서 대체로 사람이나 동물에 대한 독성이 대단히 낮다. 그리고 추천된 대부분의 제초제는 소기의 방제목적을 달성한 후 대개 매우 높은 정도의 분해성을 가지고 있기 때문에 미생물이나 식물자체에 의해서 분해가 가능하며, 분해가 쉽지 않은 것은 잘 이용되지 않는다. 농민들도 살충제나 살균제에 비해 제초제의 사용은

보다 주의를 갖고 처리하는 것 같다. 왜냐하면 적량보다 약간이라도 많은 량이 처리되면 모든 습성이 잡초와 아주 유사한 작물에 약해를 유발할 수 있게되며 부적당한 사용(비산)은 이웃에 재배되는 타작물에 약해를 줄 수도 있기 때문에 각별히 유의하여 이용하고 있다.

2. 藥效와 藥害유발원인

농약으로서의 목적을 달성키 위하여는 우선 구비하여야 할 조건으로 ① 약효는 크나 약해는 전혀 없을것 ② 사람 및 가축에 독성이 없을 것 ③ 가격의 변동이 적으며 저렴하여야 한다는 것이다. 이와같은 이상형을 찾기란 그리쉬운 일은 아니다. 그러나 이상형에 가깝도록 접근시키는 것이 연구자의 영원한 숙제이며 수행해야할 책무가 되기도한다. 현대 농약의 대부분이 인축에 해가 전혀없는 것이 없기 때문에 가급적 독성이 적은 것이어야 하며 약효와 약해는 매우 밀접한 관계를 갖고 있기에 좀더 서술코져 한다.

농작물에 대한 약해는 사용한 농약에 의한 작물의 생리 상태의 이변을 의미하는 것으로 농약(제초제)의 안전사용은 농작물 생산의 안전수칙이며 약간의 부주의로 전농사를 망쳐서는 안됨을 각별히 유의하여 사용해야 한다.

가. 농작물에 대한 약해

농작물에 대한 약해는 사용한 농약에 의한 작물의 생리상태의 이변, 즉 이현상을 의미하는 것으로 급성 약해와 만성약해로 구분되는데 급성 증상은 약제살포 2~4일 내에 발현되며 잎이 타거나, 반점의 발현 또는 위조현상, 낙엽 및 낙과현상을 보인다. 만성증상은 약제살포 직후에는 나타나지 않으나 상당한 시일이 경과된 후에 영양장해를 일으키며, 낙엽이 되는 경우도 있으며 임실의 지연을 보이고 수량이 감소되는 경향을 보인다. 급성의 경우 약해가 경할 때는 회복이 가능하나 만성인 경우는 회복이 불가능하다.

나. 약해유발의 주원인

첫째, 주제로 사용한 농약원에 의해서 유발되는 약해가 약해의 주원인이 되며 약해의 정도가 가장 크다 둘째로, 부제로 사용된 보조제 및 용제에 기인되는 것인데 침투성의 보조제를 사용했을 때 약해를 일으키며 셋째로, 2종이상 주제의 혼용

에 의해서 발현되는 약해로서 주성분이 접으로 분해되어 약해를 유발시킨다. 넷째로, 그 밖의 식물의 건강상태 및 농약에 의한 것 다섯째로, 기상상태 및 살포방법 등의 미숙 및 부주의에 크게 영향을 받는다.

이리하여 농약(제초제)의 안전사용은 농작물 생산의 안전수칙이며 약간의 부주의로 전농사를 망쳐서는 안됨을 각별히 유의하여야 하기 때문에 다음의 안전사용을 위하여 몇 가지 제언한다.

다. 제초제 안전 사용법

제초제를 사용하는 목적은 잡초를 방제하되 작물에는 전혀 해를 주지 않는 것이어야 하는데 제초제가 안전하게 사용되기 위하여서는 환경요인인 수분, 온도 및 광선과 바람 등 제초능력 발휘에 적절한 조건이 부여되어 졌을 때 다음사항과 결합하여 소기의 목적을 달성될 수 있으므로 유념하여야 한다.

재배작물과 제초제 선택

제초제를 처리코저 하는 논 또는

작물이 있는 상태에서 제초제라고 모든 잡초를 죽일 수 없다……적절한 제초방법의 사용이란 잡초종의 변동 요인을 파악하면서 작물과 잡초와의 결합원리를 충분히 고려하면서 제초제의 효과를 극대화 시키는 것이다.

밭의 현작물이 무엇이며 어떠한 잡초가 우점해 있나를 정확히 파악하여 작물에 해가 없으면 그 우점 초종에 방제효과가 큰 제초제를 선택하는 것이 바람직하다. 제초제의 사용목적이 잡초를 죽이기 위한 것이지만 작물이 있는 상태에서 제초제라고 모든 잡초를 죽일 수 없다. 부타(마세트)나 니트펜(탁크), 엠오 등과 같이 일년생에 유효한 제초제는 다년생의 가래, 너도방동산이, 올미, 올방개 등이 우점 하는 곳에 처리해서는 방제효과를 크게 기대할 수 없는 것처럼 잡초의 종류에 따라 적종의 제초제를 선택하여 사용하여야 하며 이것의 정확한 파악이 어려울 때는 전문가나 지도 기관원과 상담하여 결정하는 것이 바람직하다.

□ 경합과 적기사용

잡초방제의 목적은 작물에는 무해 내지 최소한의 약해를 주고 잡초는 최대로 방제시키는데 있으므로 잡초 군락의 천이 및 경합성의 원리를 정확히 파악하는 것은 무엇보다 중요하다. 시간의 경과에 대한 곤충의 밀도변화를 나타낸 그림을 보면 시간이 경과함에 따라 변동의 폭이 다르게 나타나는데 이것은 환경조건이나 재배법 등에 의해서 변동폭의 정도가 영향 받지 않나 생각된다.

잡초 군락의 경우도 곤충의 발생 정도나 밀도처럼 빠른 반응을 나타내지 않을 것이나 유사하게 천이가 일어나며 특종의 잡초 밀도가 크게

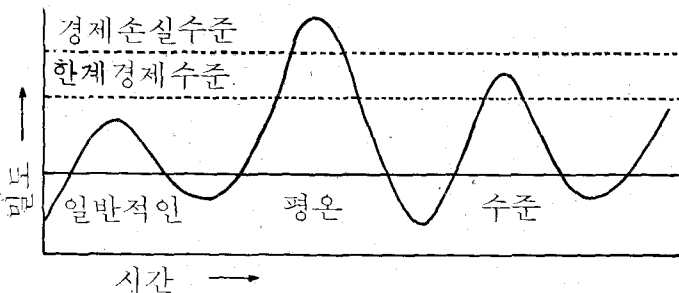


그림 1. 곤충류의 밀도와 시간과의 상관관계(Sterem, 1966)

제조제의 방제효과란 비선택성 제조제를 제외하고는 잡초의 전생육기를 통해서 방제가 가능한것이 아니므로 아무리 효과 좋은 제조제라도 사용적기에 사용하여야 좋은 효과를 얻을수 있다.

증가되는 현상을 보이고 있을 것으로 추정되나 전체 Biomass량에는 커다란 차이는 없을 것으로 생각된다. 그리하여 적절한 제조방법의 사용이란 잡초종의 변동 요인을 파악하면서 작물과 잡초와의 경합 원리를 충분히 고려하면서 제조제의 효과를 극대화시키는 것이다.

잡초방제와 작물의 생육과를 연계시켰을 때 다음 세가지로 나누어 생각할 수 있다(그림 2). ①잡초가 전혀 없는 밭에 내지 이식 직후, ②잡초와 작물간에 영양분, 광선 및 수분의 경합시기, ③ 작물의 경합력이 크게 증가되는 시기로 구분된다. 잡초 발생과 수량성을 연관시켰을 때 일반적으로 파종기 때에는 100%의 수량성을 기대할 수 있으며 수량성

은 작물과 잡초간에 영양분 수분 및 작물에 대한 경합이 시작될 때까지 지속되나 그 후에 수량성은 점차 감소되어 진다. 이리하여 잡초방제 특히 제조제의 사용은 생장에 관계되는 요인중의 어느 한 요인이 제한적이 되기 전에 또는 제한되어질 시기에 방제 효과가 있어야 높은 수량성을 기대 할 수 있다.

그리고 방제효과는 작물이 충분히 생육되어 잡초보다 월등히 성장 및 경합력이 우세하게 될때까지 지속되어야한다. 어떤 경우에는 첫번째 시기가 반건성시대 같은 데서는 매우 짧고, 충분한 관계나 다비조건 하에서는 수량의 감소는 잡초가 작물을 피복할 수 있어야 감소된다고 보고되어졌으며 잡초보다 먼저 발아되는 작물의 경우 파종 후 빠른 시간내에 잡초보다 우점하는 상태로 성장된다. 잡초방제방법은 경제적이어야 하므로 균탁의 천이와 경합의 양상을 정확히 파악하여 시도하여야 함리성을 가질 수 있게 된다. 제조제의 방제효과란 비선택성의 제조제를 제외하고는 잡초의 전생육시기를 통해서 방제가 가능한 것은 아니므로 아무리 효과가 좋은 제조제라도 사용적

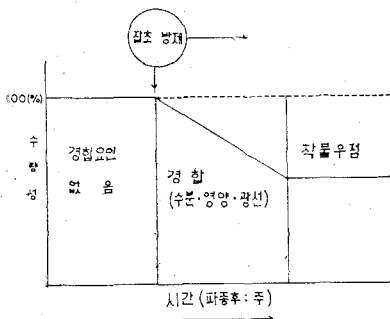


그림 2. 작물과 잡초와의 경합

제조제는 토양조건에 따라 사용량이 일반적으로 다르기 때문에 농약봉지나 병에 부착된 설명서에 따라 적량대로 살포해야한다.……과용은 작물에 약해를 유발하며 또한 비경제적이다.

기에 처리하여야 좋은 효과를 얻을 수 있는데 적기란 대상작물 및 제조제의 종류에 따라 차이가 있다.

잡초 발생전 토양처리제의 경우는 작물의 증자를 심고난 후 잡초가 발생하기 전에 사용되어야 하는데 입제형의 경우 일반적으로 과중복도 후 3~4일 이내 액제의 경우는 4~5일 이내 사용하는 것이 좋다. 잡초는 수분이 적당하면 대개 7일정도부터 발아가 되므로 그 이전에 살포하여 약제 처리층이 형성되도록 하여야 한다. 벼 이앙답의 경우는 대개 3~5일내에 처리하여야 한다. 발작물 경우 강우가 계속되면 처리가 곤란하므로 과중복도 후 곧 처리하는 것이 효과적이다. 경엽처리제인 경우 약효와 일조와는 밀접한 관계가 있으므로 가급적 맑은 날 처리하여야 하며 논인 경우 잡초가 직접 농약에 접촉될 수 있도록 물깊이도 적절히 조정 또는 배수하는 것도 고려하여야 한다.

□ 적량의 살포

적중의 제조제를 적기에서 사용하되 단위면적당 적량을 사용하는 것이

매우 중요하다. 토양조건에 따라 사용량이 일반적으로 다르기 때문에 농약 봉지나 병에 부착된 설명서에 따라 적량대로 살포하여야 한다. 사용량을 높게하면 제조효과는 다소 높아 질지 모르나 과용은 작물에 약해를 유발하게 되며 또한 비경제적이다.

제조제 처리시는 눈대중으로 하지 말아야 하며 정확한 면적에 정확한 약량을 계산하여 전면적에 고르게 처리하여야 한다. 입제의 경우 양이 적어 전면적에 고르게 살포하기가 어려우므로 제조제의 크기와 유사한 가는 모래를 3배 정도 섞어서 뿌리면 효과적이다.

그러나 수화제나 유제의 경우는 전면적에 고르게 살포할 수 있도록 희석하여야 하는데 대체로 잡초발생전 토양처리제의 경우 반당 물 80~100 정도면 충분하리라 생각된다. 전면적에 고르게 살포하기 위하여서는 분무기의 압력 조정이나 속도 등을 고려하여야 하며 유제나 수화제를 살포한 경우 약제의 침전을 막기 위하여 가끔 약통을 흔들어 주는 것이 좋다.

.....이와같은 분해과정을 거쳐서 생산된 분해물질은 대체로 무독성이며 더욱더 분해가 진행되어 토양이나 식물체 내에 있는 유기화합물처럼 변형되어 간다.

3. 환경에 미치는 영향

환경, 제초제의 상호작용

제초제가 일단 처리되면 환경요인이 작용하게 되며 제초제는 여러가지 분해과정을 거치거나 여러형태로 이동(transfer)하게 되는데 이 두 과정이 제초제의 행위를 결정하는 데 중요한 역할을 한다. 분해과정은 다

음의 3가지가 대표적인 유형이다.
(그림 3)

1. 생물학적 분해

생물학적 분해란 식물(작물 및 잡초)과 토양미생물에 의하여 해독화되는 것을 의미한다. 식물이나 미생물에 흡수된 제초제는 때로는 원형대로 다시 토양으로 환원되는 경우도 있으나 대개가 변형되며 변형된 물질은 식물체나 미생물에 직접 이

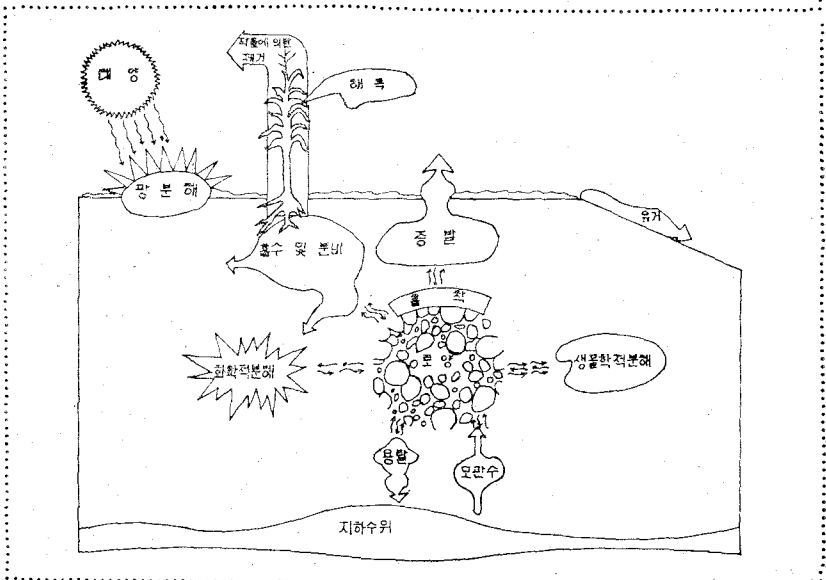


그림 3. 제초제의 행적

제조제가 고체나 액체에서 기체로의 변이는 토양입자 주위에 부착되어 있는 화학물질에 의하여 영향받게 되며 또한 흡착은 제조제가 지하로 향한 침투 및 용탈이나 모세관 작용에 의한 상승에도 영향을 미친다.

용되기도 하나 일부는 다시 토양으로 환원되는 경우도 있다. 때로는 식물체나 미생물에 원형대로 존재하기때문에 분해가 늦을 경우도 있다. 그러나 식물체내에 잔존해 있다가 수확과 동시에 제거되는 양은 극히 적다.

2. 화학적 분해

화학적 분해의 대표적인 예는 산화, 환원 및 가수분해 등이며, 첫째 산화는 2,4-D의 경우처럼 전자를 잃게 되는 분해과정을 거친다. 둘째 환원은 산화의 반대로 일어나는 분해과정이며 환원에 의해 물질 그 자체가 더욱 불안정해진다. 셋째 가수분해는 물이 첨가 되므로 원래의 형태를 잃게 되는 분해과정이다. 이와같은 분해과정을 거쳐서 생산된 분해 물질은 대체로 무독성이며 더욱 더 분해가 진행되어 토양이나 식물체내에 있는 유기화합물처럼 변형되어 간다. 어떤 경우에는 제조제가 흡착된 상태로 쉽게 화학적 분해를 하기도 한다.

3. 광에 의한 분해

제조제가 토양 표면이나 식물체의

있에 처리되었을 때 광에 의한 분해 작용을 받도록 노출되어진다. 대부분의 유기제조제는 어느정도로 광분해를 받게되는데 특히 24-D, Chloroamben, piloram bromoxnyil, amitrole, trifluralin 및 paraquat(그라목손)등이 이의 예가 된다. 물에 용해되기 쉬운 제조제는 강우에 의해서 토양과 결합되게 하여 광분해를 적게 한다.

처리되어진 제조제는 다음 6종류의 이동(transfer)과정을 또한 거치게된다. (그림 3)

▲식물이나 동물에 의한 흡수 및 분비... 제조제는 식물체에 흡수되어 들어 갔다가 배설 되기도 하며 식물체가 동물의 먹이로 사용했다가 다시 분비되기도 한다. ▲식생에 보유되고 있다가 수확물로 이전 되기도 한다. ▲토양입자에 의한 흡착...제조제가 용액이나 가스상태로 있다가 토양 입자와 결합되기도 한다. ▲제조제의 표면 유거(Runoff)...용해되어 있는 제조제가 토양입자에 흡착되었다가 처리된 지역에서 다른지역으로 옮겨지는 것을 의미한다. ▲공기 및 대기에 이동(증발)...제조제 가운데는 고체나 액체의 상태에서

제조제인 경우 크게 과용하거나 오용하지 않으면 대개 안전하고 비독성인 형태로 여러 과정을 통해 분해가 될 것이므로 환경오염은 크게 염려할 것이 못된다.

가스나 수증기 상태로 변형되어 증발되기도 한다. ▲토양 속으로의 용탈...액체나 가스처럼 수직 또는 수평으로 모세관수의 흐름을 따라 용탈되어 지기도 한다.

위에 언급한 흡착, 증발 및 유거 등은 제조제의 행적과 밀접한 관계가 있기 때문에 좀 더 자세히 언급코자 한다.

흡착 제조제가 토양 입자에 흡착되어 지는데 유기물, 휴머스 및 휴믹산 및 무기물인 점토물질, 철과 알루미늄과 밀접한 관련을 가지고 있다.

(표 1 및 표 2)

흡착은 제조제가 식물 및 미생물 등

에 흡수 되어질 양에 절대적인 영향을 미친다. 흡착정도는 제조제의 약효를 결정하는 데 중요한 역할을 하게 된다. 제조제가 고체나 액체에서 기체애로의 변이는 토양입자 주위에 부착되어 있는 화학물질에 의하여 영향받게 되며 또한 흡착은 제조제가 지하로 향한 침투 및 용탈이나 모세관 작용에 의한 상승에도 영향을 미친다. 제조제가 토양입자와 결합되어지는 과정이 여러가지 있는데 Diquat이나 Paraquat(그라복손)같이 이온을 띠는 제조제는 이온결합으로 강하게 결합되어 있다. 음이온을 띠는 2,4-D, amben, picloram, TCA dimoseb 그리고 bromoxynil 등은 토

표 1. 제조제의 흡착 및 용탈 특성(Brown, 1978).

구	분	흡착	토양 흡착	용탈
Simazine		9.0	大	小
2,4,5-T		8.9	"	"
Fenac		6.7	"	"
2,4-D		6.1	"	中
Monuron		6.0	"	小
Chlorpropham		4.9	中	中
Fenuron		3.9	"	"
Dichlobenil		2.8	小	"
Amiben		2.8	中	多
2,3,6-TBA		1.6	小	"

인간에 의한 기술개발의 상징인 제초제도 연속으로 사용하면 여기에 견디어 내는 힘이 생기는 것으로 이것이 식물의 내성이라 생각된다. ……내성발현으로 방제효과가 떨어짐을 고려하여 방제체계를 확립해야 한다.

표 2. 몬모리나이트 토양에 흡착된 제초제의 양(micromoles/g)
(Brown 1978)

구	분	알	카	리	산
	Atrazine		3.8		22.7
	Propazine		0.4		2.7
	Chlorprham		4.1		8.0
	Propham		0.2		0.9
	Fenuron		102		381
	Monuron		1.3		17.9
	Diuron		1.5		6.8
	Propanil		7.6		11.1

양 입자와 같은 음이온을 띠므로 쉽게 흡착되어지지 못한다. 그러나 소량은 철이나 aluminum hydrous oxides같은 양이온을 띠는 물질에 다 소흡착되어 지기도 한다. 중성이거나 양, 음성을 띠우지 못하는 제초제는 약한 물리적인 힘에 의해서 토양표면에 흡착되어진다. 이온화 되지 못하는 종류의 제초제 일부는 비교적 약한 물리적 힘에 의해서 흡착성을 나타내는데 phenyl urea제(monuron, diuron, fluometuron), 치환된 aniline 제(trifluralin 및 benefin), 치환된 anilide 제(propachlor 및 propanil) thicorbamate 제(EPTC 및 Vernolate) 및 여타(molinate, CDAA, dichlobenil 및 DCPA)등이 이 그룹에

속한다.

광에 의해 분해 증 발 때 대기로 가스가 되어 증발되며 쉽게 광분해가 일어나는 제초제는 가급적 토양과 섞으면 증발을 훨씬 적게 할 수 있다. 증발정도가 보통인 것에서 아주 강한 것일 수록 토양에다 섞게되면 증발이 적어진다. 제초제가 가진 수증기압이 클수록 증발이 많아진다. 증발에는 토성, 온도 및 토양습도 등이 영향을 미치는 데 토양입자가 적을수록 증발이 적어지고 비교적 고온과 수분 함량이 높을 수록 증발을 촉진시킨다. 증발성이 강한 제초제를 비교적 건조한 토양에 온도가 낮으며 냉한 상태에 처리 했을 때 증

표 3. 강우량이 제초제의 투수에 미치는 영향(양토)(Brown 1978)

<단위 : inch>

구	분	강 우 량	최 대 침 투	토 양 침 투
Monuron		1	1.75	0.25
		3	1.75	0.25
2, 3, 6-TBA		3	12	8
		12	12	7
Atrazine		12	7	
Simazine		12	7	1

발에 의한 감소가 극히적어지는 것도 바로 온도와 수분과의 관계에서이다.

제초제 가운데 증발성이 아주 강한 것은 CDA, EPTC, Vernolate 이고 trifluralin, dichlorbenil 및 chloropham등도 불량성이 되는 것으로 간주된다.

제초제의 유거

토양 표면에 처리된 제초제가 강우에 의해서 용해되어 일부는 지하로 침투내지 용탈되며 강우가 있게되면 처리된 지역으로부터 지형이 낮은 지역으로 흘러 내려가게 되며 또한 토양에 흡착된채 토양입자와 더불어 떠내려 가는 경우도 있다.

분해와 이동의 연계성

제초제 분해에 관여되는 모든 과정이나 이동은 밀접한 연관을 가지고 있으며 흡착은 다른 모든 과정에 영향을 미칠 수 있는 가장 중요한 과정이다. 제초제의 이동과정은 대개 가역적이며 토

양제내에서 서로 평행을 이루고 있다.

양이온 제초제인 Difuat이나 Parquat는 점토와 점토사이에 너무나 흡착정도가 강해서 가역적이 될 수 없는 예외의 제초제이다. 이들의 분자들은 너무나 강하게 흡착되어 있어서 분해가 되지도 않고 또한 토양 입자로 부터 분리되지도 않는다.

위의 2종의 제초제를 제하고는 모든 제초제가 가역적인 분해가 될 수 있는 조건에 놓이게 된다. 제초제인 경우 크게 과용하거나 오용하지 않으면 대개가 안전하고 비독성인 형태로 위에 언급한 여러과정을 통해서 분해가 될 것이므로 환경 오염을 크게 염려 할 바는 못된다.

4.연용과 저항성의 발현

잡초는 극단적인 환경조건 특히 불량한 환경하에서 자연에 적응하는 적응력이 높다. 인간의 요구 충족을 만족시키는 방향으로 육성되어 진 작

물은 인간의 보호 없이는 얼마나 오래 존재 할 수 있으며 또한 잡초들과 경합을 얼마나 할 수 있을 것인가 의심스럽다. 이처럼 잡초는 외계의 변이에 대한 적응력을 가지고 있는 것으로 추정된다.

인간에 의한 기술개발의 상징인 제조제도 연속적으로 사용하게 되면 여기에 견디어내는 저항하는 힘이 생기는 것으로서 이것이 식물의 내성이라 생각된다.

내성에 대하여는 우선 첫째로 유전적인 내성을 생각할 수 있는데 이것은 씨마네나 Atrazine같은 triazine 제 제조제를 옥수수에 처리했을 때 옥수수 잎에 존재하는 S-transferase란 효소의 작용에 의해서 glutathione conjugate로 변화시켜 해독 작용을 시키는데 이와같은 작용은 유전적인 내성으로 간주되고 제조제의 선택성 발휘에 중요한 몫을 한다. 그 밖에도 제조제는 고등식물 체내에서 여러가지 분해과정을 거치는데 그 과정들을 열거하면 ① Oxidation ② Decarboxylation ③ Deamination ④ Dethiolation ⑤ Dealkylation ⑥ Decarboxylation ⑦ Hydrolysis ⑧ Ring cleavage이며 이들 대부분의 과정은 효소작용, 일부는 비 효소 작용에 의해 제조제 본래의 분자배열이 변화하게 되며 이들이 식물에 대한 제조제의 생리, 생화학

선택성을 발휘하는 근간이 된다.

선택성은 그 밖에도 시간과 공간의 차이에 의해서 발현되기도 하며 또한 식물의 형태적 특성 차이, 즉 2,4-D에 대한 광엽식물은 생장점이 염액에 노출되어 있는데 반하여 벼과 식물은 마디사이에 있으며 앞으로 둘러 있어서 생장점의 파괴가 잘 되지 않는 형태적 차이에 의한 선택성을 들수 있다.

둘째로 제조제에 대한 식물의 생태형간의 감수성 차이로 인한 내성 식물의 출현이 가능하다. 이것은 미국 북 다코다주의 Red River 계곡에서 채집된 24종의 야생 귀리 계통 가운데는 Thiocarbamate 제통의 제조제인 diallate 및 Triallate에 대해서 완전 감수성에서 완전 저항성의 정규분포 곡선으로 변이를 보여서 저항성 식물의 개발에 좋은 정보를 제공하고 있다.

셋째로 내성을 가진 생태형의 존재는 제조제들에 저항성을 가진 식물체 집단을 형성시킬 수 있는 가능한 소스를 제공해 주고 있다. 제조제 연용에 의한 저항성 식물의 발현의 예는 많으며 제조제를 처음 사용하였을 시는 방제가 잘되었으나 연용은 저항항성을 발현시킨 예로 Common groundsel(Senecio vulgaris)를 방제키위하여 1년 한두번씩 atrazine 처리를 10년 동안 계속하였을

소화제도 많이 복용하면 해로운 것과 마찬가지로 적종의 제초제를 적기에 적량을 살포하면 본래의 독특한 형태에서 무독한 형태로 변질되어 환경에 대해서는 해가 없다.

때에 atrazine에 현저한 저항성을 보이게 되었다.

이들 저항성 식물의 발현은 Siduron 제초제에 대한 foxtail barley의 경우는 세개의 유전자에 의해 지배되고 다마에 대한 atrazine의 내성은 상가유전자 등에 의해 지배된다고 보고 되었다.

본장에서 주지 시키고자 하는 것은 동종의 제초제 연용은 잡초 또는 식물의 내성 발현으로 방제효과가 떨어짐을 고려하여 제초제의 연속적 사용은 고려하면서 방제 체계를 확립하는 것이 필요함을 부언한 데 있다.

도. 환경오염—우려할바 못대

앞에서 제초제가 처리되었을 때 환경 및 식물체내에서 어떠한 경로를 거치면서 어떻게 변화 내지 해독화되는가에 대하여 간단히 약술하였다. 여기서는 제초제의 과용 및 오용이 미칠 영향에 대하여 간단히 살펴보고자 한다.

소화제도 많이 복용하면 해로운 것과 마찬가지로 적종의 제초제를 적기에 적량을 살포하면 위에 언급한 여러가지 경로를 거치면서 제초제는 환경내에서 본

래의 독특한 형태에서 무독한 형태로 쉽게 변질되어 환경에 대해 무해한 것으로 변화되어 지리라 사료된다.

현재 알려진 제초제는 살충제나 살균제와는 달라서 1년에 1회 또는 2회 살포가 고작이므로 환경의 오염을 우려할 바가 못되나 제초제 종류에 따라 토양내에서의 잔효성에 크게 차이가 있으므로 과용이나 오용을 피하면 제초제의 사용이 식량증산 및 농업생산성 증대에 크게 기여하고 있다고 생각된다. 또한 제초제가 개발되어 농가에 보급되기까지는 많은 과학적 연구가 있었고 갖가지 정보가 활용되어 환경오염이 적은 것만을 추천, 사용하고 있으리라 생각된다. 그러나 그 속에는 아직도 해결하지 못한 많은 문제점이 있을 것이며 다른 농약과 함께 안전 사용을 위해 부단히 연구노력해야 하고 미지의 문제점들은 추출, 해결할 때 제초제는 영원히 농업기술의 중요한 한 몫을 할 수 있을 것이다.

마지막으로 농약의 사용으로 최대의 이익을 얻기 위하여서는 우리 인간의 “현명한 사용”만이 “최선의 길”임을 밝혀두고자 한다.