

환경조화형 농약개발 어디까지 와 있나?

行本峰子

일본 농업환경기술연구소

농업생산을 저해하는 것으로 병해충, 잡초가 있다. 이것들을 방제하는데 농약을 이용하는 방법이 주가 되어있지만 잔류농약에 의한 독성, 환경영향 등의 문제가 따른다. 때문에 현재는 농약에 크게 의존하는 농업으로부터 환경에 조화(調和)하는 방제기술(윤작등 경종적 방법·생물적 방제기술등)을 적용하는 농업으로의 전환이 요구되고 있다.

병해충을 방제하는데 있어 농약은 꼭 필요한 자재이며, 지금까지 안정된 농업생산을 유지하는데 크게 이바지해왔다. 그러나 이들 화합물은 될 수 있는한 환경중에는 없는 편이 좋다. 따라서 병해충 방제를 충분히 가능하게 하고 농약 살포량을 줄이기 위해서는 방제가 필요한 경우 어떤 방제법을 이용해야 할지를 생각하지 않으면 안된다.

그렇게 하려면 정확성 높은 발생 예측법과 화학적 방제 이외의 여러 가지 방제기술의 개발이 필요하며, 그 이전에 병해충 발생을 억제할 수 있는 재배기술 개발도 필요하다. 한편 농약쪽에서도 표적외(標的外)생물에 대한 독성이 보다 낮은 화합물의 개발은 물론 환경영향을 보다 적게 할 사용법의 개발이 필요하다.

이러한 이론에 기초하여 병해충 방제 특히 병해방제에 있어서 어떤 조건에서 농약이 필요한 것이며, 환경에 조화하는 농약의 조건은 무엇이고, 이러한 조건에 따라 현재 이미 진행되고 있는 농약의 개발 방향은 어떠한지에 대하여 자세히 알아본다.

1. 병해방제와 살균제

병해가 발생하려면 첫째 작물을 침해할 수 있는 병원미생물(사상균, 세균, 바이러스등)이 존재해야 한다. 이 밖에도 병발생에 적합한 환경조건(誘因)이 원인이 된다.

흔히 작물을 연작하면 병해가 발생하기 쉽다고 하는데, 이는 연작에 의하여 병원균의 밀도가 증가하기 때문이다. 여기에 병원균의 생육을

質)이면서 병해에 저항성이 있고, 특히 한가지가 아닌 여러가지 병해에 동시에 저항성을 갖는 품종은 현재로서는 거의 없다. 표1에서와 같이 병원균의 밀도를 낮추든가 환경조건을 조절하여 병해를 방제하는 것이다.

병원균의 밀도를 낮추기 위해서는 현재 농약에 의한 화학적 방법이 주로 이용되고 있지만 이것 말고도 경종적(耕種的) 방법등 몇가지가 있다.

병해발생을 억제하기 위하여는 온도, 습도, 일조등 환경조건을 조절하는 방법이 있다. 이것은 온도, 습도, 토양산도(pH)등 환경조건에 따라 발병정도가 다른 점을 이용한 것인데 예를들면 토양조건으로는 석회 사용등으로 어느 정도 발병을 회피할 인위적 조건을 만들어 줌으로써 방제가 가능하다.

나. 살균제가 필요한 경우

환경조건을 조절함으로써 병해를 억제할 수 있는 가능성에 대하여 알아보았다. 그러나 온도, 습도 등의 조절은 하우스재배에서는 가능할지 모르지만 일반노지에서는 곤란하다. 환경조건을 어느 정도 조절할 수 있

'농약의존'에서
'환경조화'로의 전환요구
살멸형에서 제어형으로
약량줄고 분해성 높아져

왕성하게 하는 적절한 온도나 습도 등의 조건이 더해지면 병해발생이 더욱 늘어난다. 반대로 이런 조건들을 피할 수 있으면 병해발생을 억제할 수 있다.

가. 병해의 방제방법

병원미생물에 침범당하지 않는 작물, 즉 저항성품종을 심으면 병해방제가 가능하다. 하지만 고품질(高品質)의 작물을 얻기 위해서는

표1. 병해 방제 방법

병해 저항성 작물	저항성 품종 및 대목의 도입
병원균 밀도의 감소	경종적 방법(윤작등) 물리적 방법(잔사처리, 태양열처리등) 생물적 방법(길항균의 이용등) 화학적 방법(살균제)
병해발생의 억제	환경조건의 조절(온도, 습도, 일조 등)

는 경우가 있더라도, 복합병해로서 하나는 건조조건에서 발병하고 또 하나는 습도가 높은 조건에서 발생하는 경우도 있다. 이런 경우에는 환경조건의 조절만으로는 병해를 방제할 수 없다.

이와같이 환경조건의 조절이 곤란하고 저항성품종도 이용할 수 없는 경우에는 사실상 병원균의 밀도를 낮출 방법이 없다. 물론 표1에 예시한 병원균의 밀도를 낮추는 방법들 모든 방법들이 어떤 경우에도 적합한 것들이라고는 할 수 없다. 육종적 방법으로는 방제할 수 없는 병해도 있고, 아직까지 길항미생물이 발견되지 않은 병해도 있다. 이러한 경우에는 당연히 농약에 의존하는 비중이 높을 것이다.

이 밖에 어느 정도 고품질인 작물을 생산하기 위한 등등의 경제성을 고려할 경우에도 농약사용이 필요하게 된다.

2. 최근의 농약개발방향

농약은 농업생산의 향상을 이룩한 공적과 함께 잔류독성, 환경오염 또는 천적에 미치는 영향등 여러가지 문제점도 있다는 것은 이미 지적했다. 현재의 농약은 이와같은 문제점들을 해결할 방향으로 개발이 진행되고 있다.昭和30년(1955)대부터 40년(1965)대에 사용된 농약에 비하여 목표하는 병해충과 잡초 이외의 생물에 대한 독성이 낮고 선택성이 높은 쪽으로, 작용기구로 보아 살멸형(殺滅型: biocide)에서 제어형(制御型: bioregulator)으로, 또한 투하

표2. 농약등록신청시 제출해야할 독성관련 시험항목

급성 독성 시험	경구 독성 시험 경피 독성 시험 흡입 독성 시험 안(眼) 1차 자극성 시험 피부 1차 자극성 시험 피부 감작성 시험
아급성 독성 시험	경구 독성 시험 경피 독성 시험 흡입 독성 시험
신경 독성 시험* 발암성 시험 만성 독성 시험 최기형성 시험	변식 시험 변이원성 시험
생체내 운명에 관한 시험	동물체내 식물체내 토양중
생체의 기능 및 영향에 관한 시험	

* 경우에 따라 필요

약량은 소량이면서 분해가 잘 되어 환경중에 축적되지 않는 것으로 변화되고 있는 것이다.

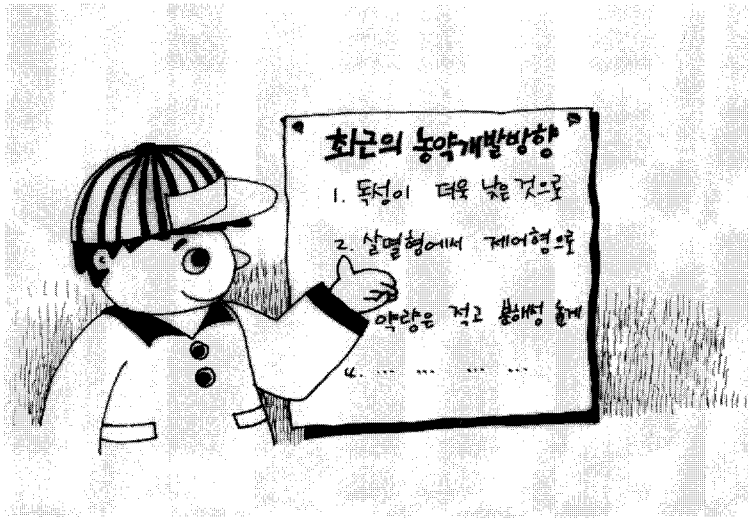
가. 독성이 더욱 낮은 것으로

농약으로 병해충·잡초를 방제할 수 있는 것은 농약이 이들 생물에 대한 독성을 지니고 있기 때문이다. 그러나 방제대상 생물에 독성이 강한 것이 사람등의 포유동물에 대해서도 독성이 강하다고는 할 수 없다. 해충에는 강한 독성을 지니지만 포유동물에는 독성을 갖지 않을 때 이를 '선택성'이라고 하며, 선택성이 높은 것이 개발목표가 되고 있다.

농약 독성의 정도를 昭和 30년(1955)대부터 현재에 이르기까지 연차적으로 비교해보면 30년대에는 독성이 강한 特定毒物 및 毒物의 비율

이 상당히 높았지만 시간이 지나면서 독성이 낮은 普通物의 비율이 증가해오고 있다. 또한 30년대에는 급성독성시험이 행하여지지 않았던 점에 비하여 현재 농약등록을 할 때는 표2에 나타난 바와같이 독성시험의 종류도 많고 대사산물도 포함하여 많은 시험이 이루어져 안전성이 평가되고 있다.

포유동물 이외의 생물을 대상으로 한 독성에 대해서도 병해충의 천적에 대한 독성, 산업적으로 중요한 생물(벌·누에 등의 유용곤충)과 어패류등 수생생물에 대한 독성, 조류등 환경생물에 대한 독성등의 시험이 이루어지고 있다. 이외에도 환경생물로서 지렁이등 토양소동물, 조류(藻類)등이 새로운 시험대상으로 되고있고 앞으로는 토양미생물, 엽



면(葉面)미생물등도 대상에 포함될 것이다.

나. 살멸형에서 제어형으로

농약, 예를들면 살충제의 작용점이 호흡·신경·성장에 필요한 단백질이나 지질의 합성등 생물체의 기본적인 반응에 관련된 경우, 이들 작용점을 저해하는 농약은 해충을 모조리 다 죽이는 작용을 갖도록한 滅殺型(biocide)이라고 한다. 한편 키틴(chitin)합성을 방해하여 해충의 탈피(脫皮)를 저해하는 곤충생육조절제(IGR)나 행동을 억제하는 곤충페로몬(pheromone)등은 制御型(bioregulator) 농약이며 이것이 개발목표가 되고 있다.

살균제의 경우에도 작물의 병해저항성을 높이기 위한 것과 병원균이 작물체에 침입할 수 없도록 하는 것이 있다. 그러나 이러한 살균제는 균을 죽이도록 기대할 수는 없으며

로 엄격히 말해 살균제는 아니며 병해방제제나 병해억제제라고 하는 편이 정확하다. 실제로 이들 살균제를 함유한 배지에 병원균을 이식해도 균은 생육을 계속한다.

제초제에서도 이와같은 것이 있는데 잡초를 말려죽이지 않고 생육만 억제하는 것이다. 이러한 경우에는 왜화작용이 있는 제초제로 쓰인다.

이와같이 최근 개발되고 있는 많은 농약들이 실은 병해충, 잡초를 멸살하는 작용이 없는 것이 많아지고 있다.

다. 약량은 적고 분해성 높게

논밭에 살포되는 농약의 양은 어떻게 변화될 것인가? 살균제중 수화제 몇가지에 대하여 살포액중의 유효성분을 표3에 나타냈다. 昭和20년(1945)대, 30년(1955)대에 등록된 제품은 약 1,000ppm액이 살포된데 비하여 40년(1965)대~50년(1975)대에는 약 500ppm, 60년(1985)대에 들어서면서는 수십 ppm으로도 효과를 나타내는 것으로 변화되고 있다.

또한 표4는 제초제의 10a당 사용량을 정리한 것이다. 昭和40년(1965)대에 개발된 CNP 및 MCC에는 10a당 유효성분으로 수백g이 사용되었지만 최근 개발된 설폰닐우레아계의 벤실푸론메질은 수g 밖에는 사용되지 않는다. 이것은 목표하

표3. 살균제의 살포농도

살균제(수화제)	등록년도	살포액의 유효성분 농도(ppm)
zineb	1952	1,000~1,800
captan	1956	800
triazine	1958	800~1,250
EDDP	1968	300
thiophanate-methyl	1969	350~700
ftalide	1970	300~500
mepromil	1981	500~750
procymidone	1981	250~500
triflumizole	1985	60~300
fenarimol	1988	30~40

표4. 제초제 유효성분의 사용량

제 초 제	시 용 량(g/10a)
CNP	250~300
MCC	900
linuron	50~100
simetryne	60~75
thiobencarb	500
pyrazolate	300
pretilachlor	60
bensulfuron-methyl	5~7.5

는 잡초에 대한 살초활성이 높기 때문에 같은 잡초를 방제하는데 수백분의 1의 양으로도 가능해진 것이다.

환경중에 투입된 농약은 여러가지 경로를 통하여 분해·대사되지만 분해되는 몇몇 과정에서는 미생물의 관여가 크다. 이 경우 병원균 및 잡초에 대한 살균, 살초활성과 분해미생물의 활성간에는 특별한 상관관계는 없다고 보는 것이 좋다. 미생물의 분해 쪽에서 보면 일반적으로 분해하는 화합물의 양이 적을수록 빨리 분해가 진행된다.

반대로 너무 빨리 분해되면 효과가 부족해진다. 예를들면 같은 화합물을 연용하면 최초 사용한 해보다도 2년째, 3년째로 시간이 지날수록 분해가 빨리 이루어진다. 이는 분해미생물이 집적하기 때문이며 이를 해결하기 위하여 분해반응을 억제하는 첨가제 및 마이크로캡슐제 등이 고려되고 있다. 필요충분한 효과를 발휘한 다음에는 신속하게 분해되어 잔류하지 않는 농약이 개발목표가 될 것이다.

환경중에 투입되는 양을 줄이기

위하여 고효성(高活性)화합물을 이용하는 방법에 대하여 설명했지만 이밖에도 약제 사용량을 줄이는 기술은 여러가지가 있다. 병해충, 잡초의 발생후에 살포할 수 있는 농약은 예방살포에 비하여 여분의 화합물을 투입하지 않아도 된다. 치료효과를 가진 살균제는 병해발생을 예측하여 살포해야 하는 예방효과의 살균제에 비하여 과잉살포되는 것이 적다. 제초제는 도양처리제가 잡초 발생전에 처리되는데 비하여 경엽처리제는 잡초발생후에 처리할 수 있으므로 잡초의 발생상황을 보아가면서 필요한 양만 살포하는 것이 가능하다.

이 밖에 약제저항성 발달을 막기 위하여 같은 계통 약제의 연용을 피하는 등 농약사용법이나 방출조절제의 개발등 제제기술 쪽에서도 약제 투하량을 줄일 수 있는 개선의 여지는 많다.

환경보전형 농업은 농약등 화학물질의 환경중 투입을 가능한 줄이고, 방제를 할 때도 농약에만 의존하지 않고 경종적 생물적 방법등을 도입

하여 병해충 잡초를 종합적으로 관리하는 가운데, 농약을 어떻게 사용할 것인가를 생각하지 않으면 안된다. 그러나 농약사용 목적의 하나로 고품질 농산물의 생산등 농산물 유통에 어려운 문제가 있으며 또한 산지화에 따라 병해가 증가하여 농약 살포 횟수가 증가하는 경우도 있다. 따라서 자연과학만이 아니라 농업경제에 속하는 것들도 포함하여 종합적 방제의 필요성과 농약의 필요성을 고려하여 문제점들을 해결해야만 한다.

동시에 금후 증가가 예상되고 있는 세계인구에 대응하여 식량을 생산해내려면 현재 농경지의 생산성을 높이든가 아니면 삼림과 초원을 농경지로 바꾸든가 어느 하나를 선택하지 않으면 안될 것이다.

환경보전에 대해서도 종합적으로 생각하여 그 중에서 농약이 맡은 역할을 검토해야할 필요가 있을 것이다. **농약정보**

농사속담

삼사월은 굼벵이도 석자(三尺)씩 똥다

음력 3~4월은 대부분의 농작물을 파종·이앙하는 시기라 가장 바쁜 때에 해당된다. 이 때는 굼벵이처럼 동작이 느리고 게을러 일하기 싫어하는 사람도 농사일을 거들어야할 만큼 바쁘다는 데서 유래된 말이다.