

가위해 개발비 50%투자

농약연구소 농약화학과
농학박사 이 해 근

농약의 안전성과 잔류성문제는 농작물을 재배하는 농민이나 이를 이용하는 일반 소비자 뿐만 아니라 나아가서 환경보전이라는 측면에서 볼때 결코 소홀히 다룰수 없는 우리 모두에게 매우 중요하면서도 어려운 과제로 등장하였다.

따라서 이번호에는 이 문제에 대한 전반적인 면을 먼저 소개하고 농작물, 토양, 수질(水質)중 농약의 잔류성과 안전성 문제를 농약관계 전문가를 통해 차례로 알아봄으로써 관심있는 독자들의 이해를 돕고자 한다. <편집자註>

농약사용의 유익성과 위해성

1) 농약사용의 유익성

증산의 기적에 농약도 한몫

농약은 병해충 및 잡초의 피해로부터 농작물을 보호하여 안

전 다수확을 가능케 하였고 또한 생력재배와 경종기술 개선을 이룩하였으며 나아가서 품질향상에도 크게 기여하였음은 아무도 부인할 수 없는 주지의 사실이다.

만성적인 식량부족으로 부터 해방되었음은 물론 우리의 식탁

을 풍성하게 하여 한 겨울에도 여러가지의 채소를 마음대로 먹을 수 있게 된 것은 모두 현대농업이 이룩한 업적이라 아니할 수 없다.

지난 70년대 이후 한국의 쌀 생산은 물론 채소, 과일, 특용작물 등 각종 농작물의 단위면적당 수량은 실로 놀라운 증가를 가져왔다. 영세규모로 보잘것 없는 생산량에 맴돌았던 한국농업이 일부의 예상을 뒤엎고 이와 같은 빛나는 증산의 기적을 이룩한 것은 첫째 우수품종 육성 개량과 농약, 비료, 농기계, 폴리에틸렌필름 등 각종 농업자재의 공급이 풍부해지고 재배기술 발달되었기 때문이다. 둘째로는 우리농민들이 그동안 피나는 노력을 아끼지 않았으며 어떤 새 기술이 나오기만 하면 즉각 채택하는 강렬한 의욕을 가진 진취력의 덕분이었다. 셋째로는 정부의 지속적인 증산시책과 농민의 증산의욕 및 이를 뒷받침하는 선진농업기술연구와 지도체제 등이 합심하여 이룩한 결과로 보아 마땅하다.

우리나라와 같이 경지 면적이 좁으면서 인구가 많은 나라에서는 제한된 농경지의 효율적인 이용을 위해 반드시 농작물을 집

약적으로 재배하지 않으면 안되는데, 이러한 여건은 병해충 발생의 호조건이 되므로 농약사용은 불가피한데, 농약사용의 필요성은 본지에서도 여러 기고자들에 의해 누차 강조되어 온 터이므로 더 이상의 언급은 피하도록 한다.

2) 농약사용의 위해성

농약은 그 대부분이 병해충이나 잡초를 죽이기 위해 사용되는 생리활성물질인 만큼 정도의 차이는 있으나 독성을 갖고 있으므로 이의 사용여하에 따라 우리 인간에게 여러가지 목적 이외의 영향을 끼칠수도 있기 때문에 사용에는 항상 특별한 주의가 요망되고 있다.

농약은 비료와 더불어 영농화학물질로서 식량증산에 반드시 필요한 농업자재인 반면 이의 오용이나 남용은 국민보건 및 환경보존상 위해인자로 등장할 가능성이 내포하고 있다.

급성독성은 주의만하면 예방

농약에 의한 피해로서 가장 큰 문제는 농약의 취급부주의나 살포작업 부주의에서 오는 급성중독사고인데 조금만 주의를 기울이면 이런 사고는 충분히 예방

이 가능한 것이다. 또한 농약은 익충이나 방화곤충(꿀벌, 나비 등) 및 천적에 대한 영향과 자연생태계 및 환경에 미치는 부수적 영향도 배제할 수 없는데, 최근에는 농약의 잔류성과 안전성 문제로 인한 “식품 및 환경오염”이 농약부작용의 초점으로 모아지고 있는 것 같다.

만성중독사례 보고된 것 없어

이와함께 사용된 농약이 농산물내에 잔류되어 음식물을 통해 우리 몸속에 섭취되든가, 자연계에 오염된 잔류농약이 식품연쇄과정을 거쳐 인체에 섭취, 축적된 후 일정한 양에 도달하면 중독 증상을 일으키는 만성중독이 있는데 우리 나라에서는 현재까지 이러한 예는 보고된 바 없다.

그런데도 최근에는 농약의 안전성과 잔류성분제가 가끔 매스컴을 통해 보도됨으로써 사회문제화되고 있는 실정이다. 그 주내용은 농약의 유익성은 접어둔 채 위해성만을 지나치게 강조함으로써 농약에 대한 일반 국민의 의식이 민감한 요즈음 자칫 잘못하면 농약에 대한 막연한 피해의식과 더불어 소비 식품에 대한 불안감만 조장하지 않을까 심

히 우려되는 바이다. 물론 농약은 정도의 차이는 있으나 독성을 갖고 있는 물질이기 때문에 이의 오용이나 남용 등 무절제한 사용은 환경보호론자들이나 소비자 보호단체들의 주장처럼 우리의 생활터전인 환경을 오염시킬 뿐만 아니라 나아가서 우리가 매일 섭취하게 되는 식품(농산물)을 오염시켜 우리의 건강에 위해를 가져올 가능성은 배제할 수 없다 하겠다.

사고예방 목적의 보도가 바람직

따라서 매스컴을 통해 농약의 위해성을 보도함으로써 살포자인 농민이나 일반 소비자 및 정부당국에게 경각심을 불러 일으키고, 나아가서 사고를 미연에 방지하기 위한 대책 수립을 촉구한다는 측면에서 본다면 시의에 맞는 처사라고 볼 수도 있다.

오늘날 학자들은 농약을 “경제적 독물(Economic poison)”이라 부르면서 안전사용을 특히 강조하고 있는데, 이는 농약의 사용 여하에 따라 우리 인간에게 이익이 되기도하고 또한 나쁜 영향을 끼칠 수도 있기 때문에 우리는 농약의 유익성과 위해성(benefit/risk)을 잘 저울질하여 유익성이 극대화되고 위해성이 극

소화되도록 온갖 노력을 기울여야 할 것이다.

농약의 독성

농약의 독성은 농약의 침입방법에 따라 경구, 경피 및 흡입 독성으로 나누며 독성발현 정도에 따라 급성, 아급성 및 만성 독성으로 구분하고 있다. 또한 독성정도에 따라 우리나라에서는 보통독성, 고독성 및 맹독성으로 구분하고 있는데 일반적으로 말하는 저독성 농약은 보통독성을 말하고 유독성 농약은 고독성 및 맹독성 농약과 잔류성 농약을 총칭한다.

잔류성 농약은 다시 작물잔류성 농약, 토양잔류성 농약 및 수질오염성 농약으로 구분하고 있다.

독성농약은 일반인 사용을 제한

현재 우리나라에서 품목고시되어 사용중에 있는 농약의 품목수는 '87년 4월 현재로 377 품목인데 이중 맹독성 농약에 속하는 것은 2 품목(파라치온 유제 및 테믹 입제)뿐이며, 고독성 농약에 속하는 것은 메타 유제 등 32 품목으로 이는 전체의 10%에 불과하며 나머지 대부분

(343 품목)은 보통독성이다.

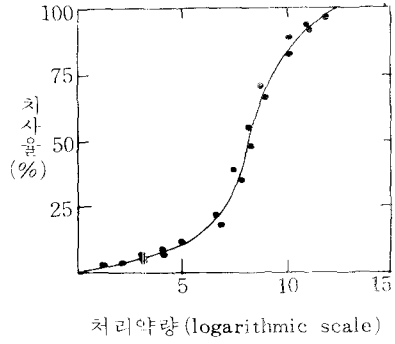
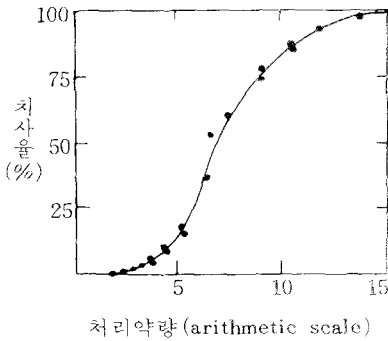
독성이 비교적 강한 고독성 및 맹독성 농약은 그 취급제한기준을 두어 일반인의 사용을 엄격히 제한하고 있으며 벼농사에는 일체 사용을 금하고 있는 등 엄격한 통제하에 관리·사용하고 있으므로 중독문제의 위험성은 거의 없다고 볼수 있다.

농약의 독성은 실험동물(쥐, 개, 토끼, 원숭이 등)의 종류 및 계통성, 투여방법, 환경 등에 따라 차이가 나는데, 일반적으로 농약의 독성평가는 실험동물에 대한 약량치사곡선 LD₅₀ (반수치사약량)으로 표시하고 있다. 즉 실험동물에 동일조건인 환경에서 약제를 투여하여 처리된 동물중 반수(50%)가 치사될 때의 동물 개체당 투여된 약량을 체중 kg당 mg으로 나타내고 흡입 독성은 mg/l 또는 ppm으로 나타내고 있다.

독성시험 결과를 표시하는데 있어서 50% 치사약량을 지표(指標)로 삼는 것은 그림 1에서 보는 바와 같이 치사율을 세로 좌표, 투여약량을 가로좌표로 하여 그래프를 그리면 일반적으로 S자 곡선(Sigmoid 현상이라고도 함)의 용량반응곡선(用量反應曲線)이 얻어지는데, 치사율

50%에 상당하는 부분에서는 약간의 약량차이에 의하여 독성반

응은 커다란 차이로 나타나기 때문이다.



〈그림 1〉 用量反應曲線

의약품보다 엄격한 안전성 검사

농약은 개발과정에서 의약품도 따르지 못하는 안전성 검사

를 거쳐 엄격한 심사를 거친 후에 비로소 등록사용하게 되는데, 안전성에서 제일 중요한 것은 물론 질(質)이다. 표 1에서 보는

〈표 1〉 주요화합물질의 독성비교

구 분	대 상 동 물	급성경구독성 (LD50, mg/kg)	독성구분*
청산가리	사 랫	1.0	맹 독 성
파라치온	쥐	4~13	"
니코틴	쥐	50~60	고 독 성
DDT	사 랫	250	보 통 독 성
다이아지논	쥐	300~400	"
아스피린	사 랫	500	"
나크(세빈)	쥐	500~860	"
식염(소금)	사 랫	3,750	"
주 정	"	4,000	"
만코지	쥐	8,000이상	"
캠 탄	쥐	9,000	"

* 쥐에 대한 급성 경구독성(LD 50, mg/kg)으로 분류

바와 같이 감기약인 아스피린은 농약의 독성구분으로 볼때는 보통독성에 속한다고 볼 수 있지만 과수 잎말이나방약 나크(세빈)와는 비슷한 독성을 가지나 우리가 일상 섭취하는 식염(소금)이나 주정(酒精)은 탄저병약인 만코지나 검은별무늬병약인 켈탄보다 독성이 더 강함을 알 수 있다. 따라서 현재 우리나라에서 사용되고 있는 농약의 대부분(약90%)은 저독성인 안전한 농약에 속하므로 사용시 조금만 주의를 기울인다면 중독의 우려는 거의 없다고 볼 수 있다.

유독성 농약의 품목고시 지양

유독성 농약(맹독성 및 고독성 농약과 잔류성 농약)에 속하

는 것은 신규품목고시는 물론 적용확대까지도 가급적 지양하고 있는데, 물론 현재 사용중인 농약으로서는 특정 병해충의 방제가 매우 어려운 경우는 별도의 대책이 강구되어야 하겠지만, 이들은 지난 '85년 9월 이후부터는 품목고시를 위한 신청시험을 실시하지 않고 있어 사실상 규제되고 있는 실정이다.

독성과 잔류성은 별개문제

농약의 특성과 잔류성은 그 농약이 갖는 고유한 특징인데도 독성이 강한 농약일수록 잔류성도 큰 것으로 잘못 인식하고 있는 경우가 많다.

표 2는 몇가지 농약의 독성과 토양중 잔류기간(75~100% 분

<표 2> 농약의 독성과 분해소실 기간의 비교

농 약	급성경구독성 (LD50, mg/kg)	잔류기간*	비 고
D D T 린 덴 (γ-BHC)	250	4년	생 산 금 지 (1972)
알 드 린	88~125	3 "	" (1979)
디 엘 드 린	67	2 "	" (1972)
헨 타 크 로 르	46	3 "	" (1972)
다수진(다이아지논)	68	3 "	" (1979)
파 라 치 온	300~400	12주	보 통 독 성
마라톤(마라치온)	4~13	1 "	맹 독 성
디셀폰(다이지스톤)	1,375	1 "	보 통 독 성
	2~12	4 "	입제로 진딧물 방제약

* 토양중에서 75~100% 소실되는 기간

해 소실기간)을 비교한 것인데 유기인계의 잔류기간은 1~12주 범위이나 사용금지된 유기인소제 농약은 2~4년으로 비교가 되지 않을 정도로 잔류기간이 길다. BHC, 알드린 등은 독성도 강하고 잔류기간도 길어 현재는 사용하고 있지 않지만 파라치온, 디실론 등 유기인계 살충제는 독성은 강하지만 잔류기간은 짧기 때문에 제한된 농작물에만 사용하고 있다. 마라치온, 디수진은 독성도 약하고 잔류기간도 비교적 짧아 현재까지 많이 사용되고 있는 약제들이다.

잔류성 농약의 정의

「농약관리법 시행령 별표3」에 명시된 잔류성 농약의 정의는 다음과 같다.

1) 작물잔류성 농약

농약의 성분이 수확물중에 잔류하여 보건사회부장관이 농림수산부장관과 협의하여 정하는 기준(농약의 잔류허용량을 말

함)에 해당할 우려가 있는 농약. 다만, 토양잔류성 농약의 분류기준에 속하는 것은 제외한다.

2) 토양잔류성 농약

토양중 농약의 반감기간이 1년 이상인 농약으로서 사용결과 농약을 사용하는 토양(경지불말한다)에 그 성분이 잔류되어 후작물에 잔류되는 농약을 말하는데 현재 우리나라에서 사용되는 농약중에는 토양중 반감기간이 1년 이상인 농약은 없다.

3) 수질오염성 농약

수도용 농약으로서 48시간 내의 잉어의 반수치사농도가 0.1ppm(유효성분 농도를 말한다) 이하인 농약. 다만, 10a당 농약의 사용량이 유효성분으로 0.1kg을 초과하는 것은 반수치사농도 ppm 값을 10a당 농약사용량에 대한 유효성분으로 나눈 값이 1 이하인 것으로 한다고 되어 있는데, 수도용 농약으로서 상기 2 가지 조건중에 한가지만

〈표 3〉 농약잔류 관계 업무 담당기관

구 분	담 당 기 관	관계법규
식품중 농약잔류	보 건 사 회 부	식품위생법제6조
농산물, 수질, 토양중농약잔류	환 경 청	환경보존법제42조
농약의 안전사용 기준	농림수산부(농촌진흥청, 농약연구소)	농약관리법제18조

적용되어도 벼농사에는 일체 사용을 금지하고 있다.

잔류농약의 규제

우리나라에서 잔류 농약을 규제하는 법적근거는 표 3에서 보는 바와 같이 식품중 잔류농약의 경우는 식품위생법에 의거 보건사회부에서 관장하며 농산물, 수질 및 토양중 농약잔류는 환경보존법에 의거 환경청에서 담당하고 있다. 또한 농약의 작물별 안전사용기준 설정은 농약관리법에 의거 농림수산부(농약연구소)에서 관장하고 있다.

표 3에서 보는 바와 같이 우리나라는 농수산물 중 잔류농약을 2元的으로 규제하고 있는데 그 하나는 일차적으로 사용면에서의 규제로서 안전사용 기준이 있으며 다른 하나는 2차적으로 식품위생 및 환경보존 측면에서의 규제로서 잔류 허용량을 설정하는 방법이다.

이중 안전사용기준설정은 해당농약의 작물별 사용회수와 수확전 살포완료일을 설정한 후 농민이 이를 준수함으로써 그 결과 우리가 일생동안 매일 그 농산물을 섭취하여도 안전한 수준(잔류허용량을 말함) 이하기 되는 기간을 농촌진흥청 농약연구

소에서 실시하는 일련의 시험을 통해 설정, 고시하게 된다.

한편 농약잔류허용량은 보건사회부나 환경청에서 설정하게 되는데, 이에는 해당농약의 사람에 대한 1일섭취허용량, 국민평균체중, 해당농약이 사용되는 식품의 1일섭취량을 고려하고 여기에 해당식품의 소비양상, 해당농약의 농작물별 잔류량 조사 성적, 그 나라의 경제사정 등을 두루 감안하여 나라별로 설정하게 되는데 잔류허용량 설정방법에 관해서는 추후에 다시 거론하겠지만 관심있는 독자는, 「농약과 식물보호」지(1986. 5월호 p11~22)를 참고하시기 바란다.

우리나라를 비롯한 일본등 많은 나라들은 농약의 안전사용기준과 함께 잔류허용량을 설정하여 농약사용을 2중으로 감시함으로써 식품의 안전성을 제고(提高)하고 있다.

환경에 미치는 농약의 악영향이 점차 문제시 됨에 따라 선진 여러나라에서는 1970년대에 접어들면서 잔류성 농약에 대하여 매우 엄격한 규제조치를 취하게 되었는데, 이러한 국제적인 변화추세에 발맞추어 우리나라에서도 DDT, BHC등 잔류성이 큰 유기염소계 살충제와 세레산석

회등 유기수은제 농약은 잔류독성 때문에 1969~1979년 사이에 전면 생산금지 조치되어 지금은 사용되지 않고 있음은 주지의 사실이다. 더욱이 지난 1981년에는 농약관리법을 개정, 시행함에 따라 새로운 농약의 품목고시를 위해서는 해당 농약의 잔류성 자료(작물, 토양) 및 독성 자료(발암성, 돌연변이, 최기형성, 변이원성 등을 포함한 만성 독성 자료)를 반드시 제출하여 농약 관리 위원회 (잔류독성 분과위원회)의 평가를 받게끔 되어 있는데, 최근에는 해당 농약의 사람에 대한 1일섭취허용량, 잔류허용량 및 안전사용기준 까지 제출토록 하여 농약의 안전성을 포괄적으로 평가하고 있다. 아울러 농약 살포자에 대한 안전성과 환경보존을 위한 안전대책도 동시에 취하고 있는 실정에 이르렀다.

유해성 최소화 위한 최대조치 강구

이상과 같이 농약의 독성과 잔류성으로 인한 환경에 미치는 2차적 영향이 문제시 됨에 따라 여러가지의 규제조치를 취하는 것은 농약으로부터의 피해 가능성을 최소로 줄이고 유익성을최대로 보완함과 동시에 국민보건

과 환경을 보호한다는 측면에서 볼때 매우 바람직한 일이다.

또한 농약업체도 이러한 문제에 대처하기 위하여 가능한 모든 조치를 취하고 있음은 매우 다행한 일이나, 한편으로는 거기에 따르는 경제적 부담을 감수하지 않을수 없는 입장에 놓이게 되었다. 따라서 선농약의 개발비용이 엄청나게 늘어남과 동시에 개발기간도 늘어 선농약의 개발에 어려움을 겪고 있는 실정이다.

그러나 과거 어느때 보다는 엄격한 규제조항이 많이 다루어지고 있지만 법적 규제만으로는 농약의 안전성과 잔류성 문제가 해결된다고 볼 수 없다. 그러므로 농약의 직접 살포자인 농민이나 의사, 제조업자, 판매자, 보건관계자, 농약업무 담당자 및 농약연구자, 학자 등 국민 모두의 힘력이 뒷받침 되어야만 이 문제를 해결할 수 있다고 생각한다.

고도 안전성 농약의 개발과 어려움

현재 사용되고 있는 농약은 과거에 비하여 월등히 저독화되어 있으나 금후에는 고도안전성 농약의 개발이 지상과제로 등장하고 있다. 그러므로 농약은 합성

독성 뿐만 아니라 만성독성, 발암성, 최기형성, 자세대에 미치는 영향, 환경생태계에 미치는 영향 등을 철저히 규명하여야만 각국의 등록사항에 부합되어 사용할 수 있게 된다.

독성·안전성검사에 개발비 50% 투자

따라서 개발비용이 엄청나게 늘어났음은 앞서 지적한 바와 같은데 한가지 농약을 개발하는데는 약 8~12년(평균 10년)의 기간과, 약 117억원의 경비가 소

요된다고 한다. 이와같은 막대한 개발비용중 독성시험과 안전성 검사에 소요되는 금액은 1970년에는 20%에 불과하였으나 근래에는 거의 50%에 달한다고 하니 오늘날의 농약개발이 안전성에 얼마나 큰 비중을 두고 있는지 가히 짐작할 수 있다.

자료에 의하면 1956년에 비해 1980년에는 선발대상 화합물이 약 9 배 정도 증가했으나 개발비용은 무려 12배 이상이나 증가한 것으로 나타났다. 이것은

〈표 4〉 농약의 상품화를 위해 필요한 최소한의 안전성관계 항목의 변화

구 분	1950년대	1960년대	1970년대
독성관계	급성독성 단기독성시험	급성독성 단기독성시험 장기독성시험	급성독성 단기독성시험 장기독성시험 쥐의 3세대 누대 번식력 조사 쥐의 선천성 기형여부 조사 어독성시험 패류독성시험 조류독성시험
대사관계	-	Rat	Rat, Dog
잔류관계	농작물 1ppm	농작물 0.1ppm 육류 0.1ppm 우유류 0.1ppm	식물체 농작물 0.01ppm 육류 0.1ppm 우유류 0.005ppm
생태관계	-	-	환경내에서의 안정성 " 이동성 " 축적정도 비표적 생물류에 대한 영향

1950년대나 1960년대 초에는 환경오염이나 기타 농약의 부작용을 크게 고려하지 않고, 약효·약해만을 주로 생각하여 개발에 임함으로써 개발비용의 대부분이 합성단계와 초기선발단계 및 급성독성시험 등과 제제화물 통한 상품화 과정에 주로 투입되었으나 1970년대 이후에는 표 4에서 보는 바와 같이 이런 과정들 외에도 환경오염 측면은 물론 발암성, 돌연변이, 최기형성 등 특수 독성 시험을 통해 만성적인 피해여부를 검토하는 등의 여러가지 안전성 확인을 위한 실험이 수행되어야 함으로 이에 따르는 부대경비의 증가라고 볼 수 있다. 그러므로 급후의 농약개발은 선택성도 크고 또한 분해성도 커서 쉽게 무독화되는 화합물이 요구된다. 선택성이 크다는 것은 방제의 대상이 되는 해충, 병원균, 잡초등에 대한 독성과 익충이나 작물, 인축, 어패류 등 비표적 생물에 대한 독성의 차이가 크음을 뜻한다. 따라서 근래에는 선택성이 커서 생물에 영향이 거의 없는 농약의 개발에 박차를 가하고 있다.

또 한가지 중요한 농약의 성질은 분해성인데 이것은 농약사

용후 빠른 시일내에 분해되어 생리활성이 거의 없거나 무해한 물질로 변하여 생물체내에 잔류하거나 축적되지 않는 농약을 의미하는데, 근래에 개발하여 재소·원예용 약제로 많이 사용되고 있는 합성 피레스로이드 계열의 화합물이 그 좋은 예이다. 이들은 또한 생리활성이 매우 높아 단위 면적당 사용량이 매우 적어도(10a당 주성분으로 5~50g) 충분한 약효를 기대할 수 있을 뿐만 아니라 잔류성도 적어 쉽게 분해되기 때문에 환경에 미치는 악영향도 거의 무시할 수 있으며 1회 사용량이 적기 때문에(유제이면서 주성분 함량이 1~5%임) 거의 대부분의 경우 살포당시의 농작물중 농약 잔류량이 잔류허용량(FAO/WHO 허용치 기준)에 미달됨으로 현재로서는 매우 이상적인 약제라 여기고 있다.

그외에 농업용 항생제와 성체로몬, 비티제 등 각종 생물농약의 개발과 화학불임제, 기피제 그리고 키틴합성 저해제등 제어제의 개발에 주력하고 있는데, 이들은 모두 고도의 안전성이 보장됨으로 바람직한 신농약 개발의 방향이 되고 있다. <계속>