

(논) (단)

한국인 UN 권고량의 1/45에 불과한 농약잔류성분 섭취량



농약의 잔류독성과 환경오염

필자가 국내에서 발표된 보고증에서 신빙성이 있다고 생각되는 자료를 근거로 '70년대 한국인의 유기염소계 살충제의 1일 총섭취량을 추정한 결과 체중 kg당 0.4μg으로 나타났다.

이는 비교적 농약을 덜 쓰는 나라로 알려진 미국에서 유기염소계 살충제의 섭취량이 가장 많았던 '66년의 체중 kg당 0.6μg보다도 적은 양이었고 FAO/WHO에서 권고한 1일 섭취허용량인 18μg에 비하면 1/45 수준에 불과하다.

더우기 조리, 가공과정을 거치면 섭취수준은 더욱 낮아 질 것이 분명하다.

한국에너지연구소 환경연구실

이학박사 李 瑞 來

안전성 확보위해 규제 강화

농약은 식량생산에 있어 불가피하게 사용되는 이른바 「경제적 독약」이며 병충해 방제에 있어서 화학농약(化學農藥)을 대체할 수 있는 즉효적이고 경제적인 방법은 아직 알려지지 못하고 있다. 그러나 농약의 무절제한 사용은 환경오염에 의한 자연생태계(自然生態系)의 파괴와 아울러 식품오염에 의한 국민보건상(國民保健上)의 손상을 위협하고 있어 농약공해(農藥公害)라고 하는 바람직하지 못한 용어가 나올 정도로 사회문제가 되고 있다.

농약의 잔류독성(殘留毒性)은 제 2차 세계대전을 전후하여 DDT, BHC를 비롯한 유기염소계 살충제가 개발되면서 야기되기 시작하였다. 즉 생태학자인 「칼손」여사로 부터 문제가 제기되어 독성학적인 조사, 평가가 이루어졌고 농약의 관리 측면에서 새로운 규제사항으로 대두되었다. 이러한 결과 농약산업체는 새로운 농약의 개발 및 등록에 있어서 잔류독성에 관한 자료를 작성하게끔 요구되었고 이에 따라 재정적 및 시간적으로 부담이 가는 행정조치가 마련되기에 이르렀다.

따라서 여기에서는 농약의 잔류독성과 환경오염에 관한 국내외의 자

료를 소개함으로써 산업계, 규제당국 사용자인 농민 그리고 일반대중에게 도움을 주고자 한다.

1 생태계에서의 농약순환

우리가 농작물 재배를 위하여 사용하는 농약은 그 일부가 식물체의 표면에 부착하거나 내부로 흡수되어 최종적으로 사람이나 동물에 의하여 섭취된다. 따라서 식품중 잔류농약의 허용량(許容量)을 설정하거나 작물별 안전사용기준을 정하여 잔류농약에 의한 직접적인 피해를 최소화하려고 가진 노력을 다하고 있다.

그러나 여기에서 우리가 잊어서는 안될 것이 있다. 즉 사용한 농약의 일부분은 환경내에 잔류하여 확산되거나 생물체내에서 농축 또는 대사되어 예측하기 어려운 부작용이 발생하기 때문에 환경생태학적으로 잔류농약의 문제가 대두되고 있다.

에컨대 유기염소계와 같은 잔류성 농약(persistent pesticide)은 매우 안정하여 그림 1과 같이 생태계를 순환하게 된다. 즉 농약을 살포하면 바람에 의하여 대기중에 확산되고 증발에 의하여 대기중으로 들어간다. 대기중에 떠 있는 농약은 빗물과 함께 다시 지표(地表)에 낙하되어 토양이나 수질을 오염시킨다. 토양에 잔류하는 농약은 농작물에 의하여

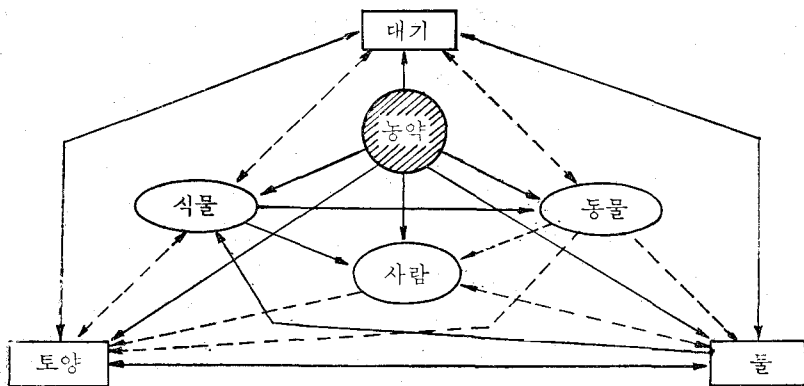


그림 1. 환경내에서 농약의 행방

흡수되고 수중에 오염된 농약은 수중생물에 의하여 흡수된다.

2 토양중의 잔류농약

우리가 농약을 공중살포하건 연면 살포하건 또는 토양에 직접 사용하건 그의 대부분은 궁극적으로 토양에 이르게 된다. 결국 토양은 잔류성 농약의 저장고 역할을 하게 된다. 예컨대 이화명충을 방제하기 위하여 어떤 분제(粉劑)를 2회기에 벼에 살포할 경우 약 30%는 벼에 부착하고 약 30%는 토양에 떨어지며 나머지는 날라가 이웃에 있는 농작물이나

토양에 떨어진다고 한다. 또 알팔파와 같이 밀집되어 있는 식물의 경우라도 사용한 메톡시클로르의 43%가 궁극적으로 토양에 떨어졌다고 하며 DDT를 나무에 살포할 경우 40%가 살포직후 토양에서 검출되었다고 한다.

이와 같이 토양에 들어간 농약은 여러가지 경로에 의하여 분해되고 소실되어 간다. 그리하여 농약의 반감기는 토양중에서 농약의 잔류성을 비교, 판단하는 좋은 지표(指標)가 되고 있다. 예컨대 과거에 사용되었던 유기염소계 살충제는 분해소실이

우리나라와 비슷한 농약을 사용하고 있는 일본의 연구보고에 의하면 현재 사용되고 있는 농약은 반감기가 매우 짧으며 더우기 포장시험에서의 반감기는 용기시험보다 대체적으로 짧아 100일을 넘는 것이 없다.

국내에서는 '78~'80년까지 환경청 주관으로 전국적인 토양의 잔류량을 조사한바 있으나 특별히 농약에 의해 오염됐다고 생각되는 지역이 발견되지 않고 있다.

매우 늦어 반감기가 1년 이상이고 유기인계 살충제는 반감기가 짧아 10일 이내의 것이 대부분이며 카바메이트제는 이보다 약간 길다. 제초제나 살비제에는 일반적으로 반감기가 긴 것이 많은데 이것은 방제효과 측면에서 볼때 불가피한 일이다.

**포장중 반감기, 100일이 못돼
國內 토양오염지역 아직 없어**

농약의 반감기에 대한 일본에서의 보고를 보면 표 1,2와 같이 현재 사용되는 농약은 반감기가 짧은 것이 대부분이다. 더우기 포장시험에서의 반감기는 용기내 시험에 의한 것보다 대체적으로 짧아 100일을 넘는 것은 없다고 한다. 또 같은 농약이라도 발상상태와 논상상태에서는 분해속도가 크게 다른 경우가 있다.

현재 우리나라에서는 농약관리법에 근거하여 토양중 반감기가 1년 이상 되는 농약으로서 권장된 사용방법에 따라 사용한 결과 다음 작물

**표 1. 토양중 반감기에 따른
농약종류수(일본)**

반 감 기	발 상 태	논 상 태
10일이내	59	24
10~30일	20	11
30~100일	18	3
100~200일	7	3

* 용기내 시험(1974~5년)

**표 2. 몇가지 농약의 토양중 반감기
(용기내 시험 ; 일수, 일분)**

농 약	발 상 태	논 상 태
DEP	<1~4	3~4
MEP	22~30	4~6
Diazinon	11~12	6~7
EPN	35~>60	4~5
NAC	30	26~42
MPMC	23~50	23~40
CNP	65	17~35
Salithion	7~9	7

에 이행(移行)되는 것을 「토양잔류성 농약」으로 규정하여 그 사용을 규제하기로 하였다. 따라서 국내의 농경조건하에서 토양잔류성에 관한 시험자료가 하루 속히 축적되어야 할 것이다.

국내에 있어서 토양중의 농약 잔류량에 관한 검색업무는 매우 제한되어 있다. 최근 정부에서는 환경청 주관으로 전국적인 토양시료 51개 지점에 대하여 20여종 농약의 잔류량을 1978~80년에 걸쳐 조사한 바 있다. 그러나 토양중 잔류농약의 허용량은 아직 설정되지 않고 있으며 농약으로 특별히 오염되었다고 생각되는 지역이 발견되지도 않은 것으로 보고되어 있다. 토양중의 잔류농약은 농작물중의 잔류농약과 관련하여 앞으로 계속적인 조사연구가 요청된다고 하겠다.

3 농약에 의한 수질오염

수질이 농약으로 오염되는 경로는 농경지나 산림에 살포한 것이 관개수나 빗물과 함께 하천수에 들어가서 이른바 농업배수(agricultural runoff)와 농약 공장으로부터 배출되는 산업폐수를 들 수 있다. 그리고 수질을 오염시킬 가능성이 있는 농약은 자연조건하에서 안정하여 잔류성이 있는 것으로 유기염소계 살충제가 대표적인 것이다.

물중의 잔류농약이 초래할 수 있는 피해로는 수산동물에 대한 급성독성과 수권생태계(水圈生態系)에서의 생물농축이 문제되고 있다. 수산동물에 대한 급성독성은 흔히 어독성(魚毒性) 평가에 의하여 판정되며 일반적으로 잉어(또는 금붕어)와 물벼룩이 지표생물로 이용되고 있다. 현재 우리나라에서는 「수질오염성 농약」을 수도용으로서 잉어의반수치사농도(TLM값, 48시간)가 0.1ppm 이하인 농약으로 규정하고 있다. 이에 따라 켈탄 수화제가 수질오염성 농약으로 지정되어 수도용으로서의 사용이 금지되고 있다.

한편 생물농축의 문제는 물에 들어간 농약이 저질토 → 프랑크톤 → 해조류 → 무척추동물 → 어류의 순서로 흡수되어 결국 먹이연쇄(food chain)의 상위권에 올라감에

따라 점점 더 농축되기 때문이다. 예컨대 DDT의 생물농축에 관한 모델은 이미 잘 알려져 있고 있다.

일본에 있어서는 농립수산성에서 1972년부터 농약에 의한 수산동물의 피해사고를 집계한 바 있다. 그 결과를 보면 표 3과 같이 매년 평균 14건의 사고가 발생하고 있다. 현재 문제가 되고 있는 것은 잉어와 물벼룩 이외의 수산동물에 미치는 영향으로서 특히 기형어(畸型魚)의 발생 일부 유기인계 살충제에 의한 무자 새송어, 새우의 피해, 저농도에서 장기간에 걸친 만성피해 등이다.

표 3. 농약에 의한 수산동물의 피해 사고(일본)

연도	'72	'73	'74	'75	'76	'77	'78
건수	46	34	42	54	41	82	10

근거희박한 變形魚 농약원인설

현재 우리나라에서 농약에 의한 수질 오염이나 수산물 피해에 대한 조사연구는 산발적으로 발표되고 있을 뿐 그 전모를 파악하기에는 매우 어려운 상태에 놓여 있다.

그럼에도 불구하고 물고기의 등이 꾸불어진 기형어의 발견이라든지 물고기의 떼죽음이 매스컴에 보도될때 마다 그 원인으로 농약을 지목하는 일이 흔하다. 이러한 경우 그 사건을 뒷받침하는 과학적인 근거가 충분하지도

못한것 같고 반면에 이를 부정할 수 있는 연구결과를 발표 하지도 못하고 있음은 매우 아쉬운 일이다. 수질오염 및 수산물 피해는 환경보전과 아울러 식량자원의 안전성 유지라는 측면에서 매우 중요하므로 누구인가 이러한 문제를 추구하고 합리적인 해결대책을 제시할 수 있어야 할 것이다.

4 농약에 의한 농작물오염

농작물에 살포된 농약은 우선 식물체의 표면에 물리적으로 부착된 다음 시간이 경과됨에 따라 잔류량이 변화된다. 이때 잔류량은 여러가지 요인에 의하여 좌우되므로 농약별로 해당되는 병해충에 대하여 약효, 약해의 관점에서 사용이 가능한 범위안에서 농약의 사용시기와 사용회수를 달리 하였을 때 농산물에서의 잔류량을 포장에서 미리 실험하게 된다. 이때의 잔류량이 농약의 독성학적 자료에 비추어 볼 때 사람이나 가축에 피해를 주지 않을 것으로 생각되는 수준에서 농약의 작물별 안전사용기준을 설정하게 된다.

5 잔류농약과 인체건강

일본에서는 농림수산성 주관하에 1967~70년에 걸쳐 국공립 및 민간 시험연구 기관을 동원하여 당시 사용되고 있었던 주요농약 47종에 대하여 농약잔류에 관한 특별연구를 실시하였고 그후에는 환경청이 이 조사사업을 인계받아 매년 약 15종의 농약에 대한 잔류조사를 실시하고 있다. 더우기 1971년부터는 농약 취제법이 개정됨에 따라 농약의 등록 신청시에 작물 및 토양에서의 잔류성 시험성적을 제출하도록 의무화하였으므로 여러 시험연구기관에서 조사를 실시하고 있다. 따라서 개개 농약과 작물별에 따른 잔류성에 대하여 방대한 실험결과가 축적되고 있고 이들 자료는 농약의 안전성 평가나 안전사용기준을 설정하기 위한 기초자료로 잘 활용되고 있다.

현재 우리나라에서 「작물잔류성 농약」이란 권장된 방법에 의하여 사용된 농약이 수확물중에 잔류하여 법정기준(法定基準)에 저촉될 우려가 있는 것으로 정의되고 있다. 이

현재 우리나라에서 농약에 의한 수질오염이나 수산물 피해에 대한 조사연구가 산발적으로 보도되고 그 원인으로 농약을 지목하는 일이 흔히 있으나 이를 뒷받침 할 수 있는 과학적인 근거가 충분하지 못하며 반면에 이를 부정할 수 있는 연구 결과도 없음은 매우 아쉬운 일이다.

◇농약의 잔류독성과 환경오염◇

때 법정기준이란 농수산부와 보건사회부의 협의에 따라 결정되는 허용기준으로서 현시점에서 우리나라 단독의 식품중 농약의 허용기준은 설정하지 못하고 있다. 그러나 환경청에서 1981. 3. 16자로 환경보전을 통한 국민보건 향상이라는 입장에서 농작물중 농약잔류 허용기준을 설정하고 있다

신설된 농약관리위원회와 농약연구소에서는 국내의 환경 및 농경조건하에서 이루어진 시험결과에 근거하여 작물잔류가능성이 있는 농약을 꾸준히 검토해 주기를 바란다.

식품중 잔류농약에 대한 검색업무는 두가지 목적을 가지고 있다. 즉 하나는 법적 허용량이 설정되어 있을 경우 현재의 잔류수준이 기준을 초과하는지를 감시하기 위한 규제목적(regulatory monitoring)이 있고 다른 한편 안전사용기준이 설정되어 있을 경우는 사용자인 농민이 사용기준을 잘 지키고 있는가를 객관적으로 확인하는데 그 목적이 있다.

국내에 있어서 농작물중 잔류농약에 관한 분석업무는 1967년부터 농촌진흥청에서 시작되었고 그후 국립보건연구원을 비롯한 여러 연구기관에서 조사결과를 발표한 바 있다. 예컨대 유기염소제에 관한 검색사례를 보면 표 4와 같이 각각 20여조사건수에 700~900개 시료에 대한

분석결과가 보고된 바 있다. 그러나 취급한 시료의 수, 종류, 수집장소 및 수집기간이 서로 다르거나 제한되어 있으며 분석결과에 대한 신빙성이 의심되는 경우가 많이 있다. 따라서 이들 자료로 부터 농작물 오염에 관한 전국적인 실태나 연차적 변화를 추정하는 것은 매우 곤란하다.

표 4. 한국산 식품중 유기염소계 살충제의 검색사례(1967~81년)

농 약	조사건수	분석시료수
BHC	21	942
DDT	14	700
헵타클로르	17	803
드린제	16	649

안전사용 기준은 人畜무해수준

식품중 잔류농약에 의하여 사람이 받게 될 피해가능성을 독성학적으로 평가하기 위해서는 이른바 식이섭취총량조사(total diet study) 또는 시장바구니 조사(market basket survey)를 실시하여야 된다. 즉 국민이 일상식품으로 부터 섭취하게 되는 농약성분의 총량을 파악하고 이것을 국제기구인 FAO/WHO가 권고한 인체허용 1일섭취량(사람이 일생을 통하여 계속 섭취하여도 현재까지 알려진 지식·정보에 비추어 볼 때 건강에 현저한 위험을 주지 않을 것으

로 판단되는 약품의 1일 섭취량으로서 흔히 ADI라 부름)과 비교하여문제되는 농약으로 부터의 안전성 여부를 가늠하는 것이 바람직한 일이다. 예컨대 선진국인 미국, 영국, 일본에서는 잔류성이 문제되었던 유기염소계 살충제에 대하여 1960년대에 이미 식이섭취 총량조사를 실시하였고 이를 농약에 대한 위해평가(危害評價)를 시도한 바 있다.

그러나 우리나라에서는 이러한 의도하의 연구가 아직 이루어지지 못하고 있다. 필자가 국내에서 발표된 보고중에서 신빙성이 있다고 생각되는 자료에 근거하여 1970년대에 한국인의 유기염소계 살충제의 평균섭취량을 추산(推算)한 바 있다. 그결과는 표 5와 같이 한국인 성인 1인당 평균섭취량은 총 BHC 13.8 μ g, 총 DDT 2.5 μ g, 헵타클로르 4.1 μ g이었다. 또 이들 섭취량을 ADI 및 외국에서의 자료와 비교한 결과는 표 6과 같다. 이에 의하면 총 BHC는 미국, 영국과 비슷한 수준이고 일본의 1/5에 불과하며 ADI(7-BHC)의 1/45에 지나지 않았다. DDT는 다른 세나라의 1/10이고 ADI의 1/100에 불과하였으며 헵타클로르는 미국보다 약간 높았으나 ADI의 1/6에 불과한 수준으로 우리나라의 잔류농약 수준은 아직도 안전한 수준이며 농약관리법 강화로 이수준은 지켜질 것으로 생각된다.

한 국 인 : 총 BHC 섭취 日本의 1/5
: DDT는 ADI의 1/45수준

또한 유기염소계 살충제의 1일 총 섭취량을 보면 체중 kg당 0.4 μ g으로 나타났다. 이러한 수준은 농약을 적게 쓰는 나라로 알려진 미국에서 유기염소계의 섭취량이 가장 많았던 1966년의 체중 kg당 1.6 μ g과 비교할 때 1/4에 불과하며 가장 적었던 해인 1970년의 0.6 μ g 보다도 적은 양이다. 또한 FAO/WHO에서 권고한 ADI인 18 μ g/kg에 비하여 훨씬 낮은 수준인 1/45에 불과하였다. 더우기 국내에서의 평가는 식품재료에 대한 잔류량에 근거한 것인 바 우리가 실제로 섭취하게 되는 것은 조리 가공(調理加工)을 거치게 되므로 진정한 의미에서의 식이섭취 총량조사를 하게 되면 그 잔류수준은 다시 낮아질 것이 분명하다. 따라서 유기염소계 살충제의 사용을 금지하게 된 1979년 이전에 한국인에 의한 이들 농약의 평균섭취량은 위험을 초래하기에 충분하지 않은 수준이었던 것으로 생각된다. 물론 예외적으로 높은 오염도를 나타내는 지역의 특정인이 평균값보다 많은 농약잔류분을 섭취하고 있을 가능성을 배제할 수는 없지만 이러한 사해는 아직 보고된 바 없다.

농약과 같은 경제적 유독물질의

**유해/유익성 평가 고려치 않은
유기염소계사용금지엔 아쉬움**

합리적인 규제를 위해서는 유해성/유익성 평가(risk/benefit analysis)가 선행(先行)되는 것이 바람직한 일이다. 예컨대 1979년 7월을 기하여 문제되었던 유기염소계 살충제의 사용을 완전히 금지시킨 것은 환경오염을 미연에 방지한다는 뜻에서 매우 다행한 일이었다. 그러나 만약 이들 농약을 권장된 안전사용기준에 의하여 계속 사용할 경우 어떠한 부정적(負的) 영향이 오게 될 것이며 다른 한편 어떠한 국가적 이익을 기대할 수 있을 것인지 신중하고도 객관적인 평가가 이루어졌어야 했을 것이다. 그 당시만 해도 이들 농약에 대한 허용기준이 설정되지도 않았고 유해성/유익성 평가는 생각하지도 못한 상태에서 환경론자(環境論者, environmentalist)의 논란에 따른 사회적 여론에 못이겨 규제조치를 단

행한 것은 매우 아쉬운 일이다. 필자가 시도한 위해평가가 수년전에 이루어져 그 자료가 정책 결정과정에서 활용되었다면 규제조치가 달라질 수도 있었을 것이다. 앞으로 식품이나 환경오염의 문제가 될 잔류농약에 대처하기 위해서 농약산업계는 사전 투자로 필요한 자료를 축적하여 문제에 대비하는 태세를 갖추어야 할 것이고 규제당국은 과학적인 접근방

표 5. 한국인의 유기염소계 살충제 식이섭취량(1971~9년)

(단위: 성인 1인당 1일 μg 수)

식품군	총 BHC	총 DDT	Heptachlor & epoxide
곡 류	5.16	0.53	0.61
두 류	0.08	0.00	0.03
감자류	0.26	0.00	0.25
채소류	6.23	1.23	2.58
과실류	0.34	0.38	0.08
육 류	0.74	0.16	0.06
생선류	0.71	—	0.35
우유류	0.08	0.01	0.01
유지류	0.05	0.14	0.06
조미료	0.12	0.00	0.03
합 계	13.77	2.45	4.06

'79년 7월을 기하여 문제되었던 유기염소계 살충제의 사용을 완전히 금지시킨 것은 환경오염을 미연에 방지한다는 뜻에서 매우 다행한 일이었다. 그러나 당시 농약잔류 허용 기준도 설정되지 못했고 더우기 유해성/유익성 평가는 생각지도 못한 상태에서 환경론자의 논란 및 사회여론에 못이겨 규제조치를 단행한 것은 매우 아쉬운 일이다. 필자가 시도한 위해평가가 수년전에 이루어져 그 자료가 정책 결정자료에 참고된다면 규제조치가 달라질 수도 있었을 것이다.

표 6. 유기염소계 살충제의 식이섭취량 및 ADI와의 비교

(단위 : 1일 체중 1kg당 μg 수)

농 약	ADI	한 국 (1971~9)	일 본 (1971)	영 국 (1966~7)	미 국 (1968)
총 BHC	(50)*	0.28	1.34	0.24	0.08
γ -BHC	12.5	(0.02)**	0.10	0.09	0.04
총 DDT	5	0.05	0.46	0.63	0.70
Heptachlor & epoxide	0.5	0.08	—	—	0.03

* 일본에서 β -BHC에 대한 잠정치(1971)

** 일본자료중 BHC 이성체의 상대적 농도에서 추정할 값

법에 의하여 정책을 수립하게 되기를 바라는 마음 간절하다.

잔류성자료 조속히 축적해야

지난 30년간 우리나라의 식량생산에 있어서 농약이 공헌한 바 업적은 매우 크다. 그러나 농약의 무절제한 사용은 식품과 환경을 오염시켜 농약공해라는 사회문제를 야기시키고 있다. 특히 잔류성 농약은 자연생태계를 순환하며 먹이연쇄를 통한 생물농축에 의하여 예기치 않은 부작용

을 초래할 가능성을 내포하고 있다.

농약과 같은 경제적 유독물질의 규제에 있어서는 유해성/유익성 평가에 입각한 과학적인 접근방법이 절실히 요청된다. 따라서 유기염소계 살충제에서 경험한 사례를 거울 삼아 농약의 잔류독성 평가에 필요한 자료를 사전에 축적함으로써 산업계에 의한 농약생산, 식량의 안전성 확보 및 환경보전이라는 측면에서 합리적이고도 조화된 정책결정이 취해지기를 바라는 바이다.

