

총개발비의 50%를 안전성 검사비용 지출

—농약의 안전성과 개발의 어려움

충남대학교 농과대학 교수 이 규 승

농약 1품목을 개발하기 위해 새로운 2만여 화합물을 검색하고 막대한 비용 투입

1981년의 세계 농약 판매액은 약 130억 달러(약 100천억원)이며, 우리나라의 농약판매 금액도 1,600억 원이나 되는 것으로 나타났다. 그런데 이와 같은 농약의 대금 중에는 원료비나 생산에 소요된 경비가 많은 부분을 차지하는 것은 물론이나 농약의 개발에 소요된 경비 역시 적지 않은 몫을 차지한다고 볼 수 있다. 즉 한 가지의 유기합성 농약을

개발하기 위해서는 약 15,000~20,000종의 새로운 화합물에 대한 검색이 수반되어야 한다고 알려져 있다. 이것은 그만큼 농약의 개발이 어렵다는 것을 뜻하는 것이다.

「스크리닝테스트」로 약효 검사

그러나 이렇게 개발되어지는 농약도 상품화되기까지는 많은 단계의 검토과정을 거쳐야만 한다. 새로 합성되어 검색 대상이 되는 농약의 성분들은 우선 살충력, 살균력, 살초력 등에 관한 효과시험을 수행하는 「스크리닝 테스트」를 거치게 되며, 이들 중에서 약효가 인정되는 모든

◇ 농약의 안전성과 개발의 어려움 ◇

화합물을 1차로 선별하게 된다. 이런 후에 이들 선별된 화합물들을 대상으로 1차적인 독성검사를 실시하여야 한다.

급성독성 높으면 대상서 탈락

이 경우에는 주로 급성독성에 기준을 두어 너무 독성이 높다고 판별되는 화합물들은 일단 농약으로서의 가치를 잃게 되며, 따라서 개발대상 농약에서는 제외된다.

사용되는 농약과 약효 비교

이 독성 시험을 통과한 약제들은 현재 동일 목적으로 사용되는 농약들과 함께 포장시험을 통해 약효를 비교, 검토할 뿐 아니라 지역적으로 나누어 현지 포장에서의 약효비교시험을 실시하여 새로 개발되는 농약의 약효를 정확히 평가하게 된다.

물리·화학적 안전성 검토

이 과정을 통과한 약제들은 또 여

러가지 물리적, 화학적인 실험을 통해 약제의 안전성에 관한 검토가 이루어지며, 한편으로는 급성 독성과 만성독성 및 잔류독성 등에 관한 여러가지 안전성 검사를 실시하여 보건 위생적 측면과 환경 오염의 측면에서 안전하다는 평가를 얻어야만 비로서 제제화(製劑化) 과정을 거쳐 상품화하게 되는 것이다.

한 품목 개발에 평균 8년 소요

따라서 한가지의 농약을 개발하는 데는 약 6~10년(평균 8년 정도)의 기간과 1,500만 달러 이상의 경비가 소요된다고 한다. 이와 같은 막대한 개발경비중 독성시험과 안전성 검사에 들어가는 금액은 1970년에 약 20% 정도이었으나 요즈음에는 거의 50%에 달한다고 하니 현재의 농약 개발이 안전성에 얼마나 큰 비중을 두고 있는지 알 수 있다. 이런 결과는 아래 표 1에서도 쉽게 나타나 있다.

<표 1>에서 보면 1956년에 비해 1980년에는 스크리닝 대상 화합물이

.....독성과 약효·약해 시험이 끝난 농약은 물리·화학적 안전성 검토와 급·만독성 및 잔류독성에 관한 여러 가지 안전성 검사를 실시하며 개발 경비중 독성시험과 안전성 검사에 들어가는 금액은 1970년 약 20% 정도에서 요즈음은 거의 50%에 달하고 있어 현재 농약이 얼마나 안전성에 큰 비중을 두고 있나 알 수 있다.

<표 1>

농약의 개발 비용 증가 추세

연 도	1956	1964	1967	1970	1972	1980
총개발 비용(백만불)	1.2	2.9	3.4	5.5	10.0	15.0이상
검색 대상 화합물 수	1,800	3,600	5,500	8,000	10,000	15,000이상

약 9배 증가했으나 개발비용은 12배 이상이나 증가한 것으로 나타났다. 이것은 1950년대나 1960년대 초에는 환경오염이나 기타의 농약의 부작용을 크게 고려하지 않고, 약효만을 주로 생각하여 개발에 임하므로 개발경비의 대부분이 합성단계와 초기 스크리닝단계 및 급성독성시험 등과 제제화를 통한 상품화 과정에 주로 투입되었다.

80년 이후에는 유전측면 검토

1980년대에는 이런 과정들 이외에도 환경오염의 측면은 물론 심지어 유전학적인 측면에서의 피해여부 등을 검토하는 등의 여러 가지 안전성 확인을 위한 실험이 수행되어야 하므로 이에 따르는 부대경비의 증가라고도 볼 수 있는 것이다.

그러면 어찌해서 이와 같이 안전성 검사에 중점을 두게 되었을까? 이미 잘 알려진 바와 같이 농약의 환경오염 및 급·만성 독성 등에 따라 발생하는 여러 가지 문제점을 미리 검토하여 「소 잃고 외양간 고치는 격」이 되지 않도록 하기 위함이다.

올리브油중 파라치온 잔류를 기점으로 잔류 농약 규제 시작해 안전성에 치중

1950년대에 들어서면서 간간이 보고되어 온 농약의 피해 증상은 1956~1958에 걸쳐 지중해산 올리브기름 중에 잔류하는 파라치온제의 잔류문제를 기점으로 하며 1957년부터 UN의 FAO와 WHO가 공동으로 추진한 식품 및 농작물 중의 농약잔류량 규제조치가 시작되었다. 그리고 이런 농약 사용의 부작용과 위해(危害)는 1962년 미국의 R. CARSON 여사의 「침묵의 봄(SILENT SPRING)」이 발표되면서 DDT의 잔류가 인류의 생존에 위협을 가할 수 있다는 가능성이 사회적으로 큰 물의를 일으키게 되었고, 이는 세계 각국의 농약의 사용에 대한 관심을 높여 주는 결정적 계기가 되었다. 그리고 1964년에도 영국에서 모유(母乳) 중에 잔류하는 β -BHC제가 신생아에게 직접 들어갈 수 있다는 보고가 나왔고 일본에서도 비록 농약은 아니나 당시

◇ 농약의 안전성과 개발의 어려움 ◇

널리 사용되던 유기수은제와 성분이 유사한 수은 화합물로부터 연유된 「미나마타」병 등이 알려진 이후에는 더욱 적극적으로 농약의 안전성을 검토하게 되었다. 따라서 농약의 개발에 있어서도 안전성에 관한 항목이

많이 실험되어 관계기관으로부터 사용이 가능한지를 종합적으로 평가받아 일정한 기준을 통과하여야만 상품화할 수 있게 되었다. 표 2에는 농약의 개발에 따른 안전성 부분의 실험항목의 변화를 보여주고 있다.

<표 2> 농약의 상품화를 위해 필요한 최소한의 안전성관계 항목의 변화

	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 식물체
잔류관계	농작물 1ppm	농작물 0.1ppm 육류 0.1ppm 우유류 0.1ppm	농작물 0.01ppm 육류 0.1ppm 우유류 0.005ppm
생태관계	—	—	환경내에서의 안정성 " 이동성 " 축적정도 비의도 생물류에 대한 영향

'50년대 약효에 중점두고 개발

<표 2>에서 보면 1950년대에는 독성관계 항목에서는 급독성과 단기독성시험을 수행하여 주로 약제살포과정이나 살포 직후의 일정기간 동안

인체에 피해를 줄 수 있는지의 여부 등에 관한 기초적인 독성검사만을 실시했으며, 농작물에 대한 잔류성 조사 역시 그 한계가 1ppm이나 되어 높은 수준을 보여주고 있다. 이런 사실은 1950년대의 농약개발 단계에서는 약효만이 우선으로, 기타

의 안전성에 관한 사항은 전혀 고려되지 않고 있음을 확실히 보여 주고 있다.

60년대 장기독성과 대사과정

그러나 1960년대에 들어서는 앞서 말한 여러가지 부작용이나 피해증상이 명백히 나타나므로 해서 독성관계 항목에도 장기독성시험의 결과를 추가해서 검토하였을 뿐만 아니라 비록 쥐(Rat)만을 대상으로 하였으나 농약의 동물체내 대사 과정을 연구검토하여 체내에서의 분해과정과 체외배설 등을 필수적으로 제시하여 안전성 여부를 평가하도록 조치하였다. 또 농작물에 대한 잔류수준도 0.1ppm으로 1950년대에 비해 10배나 강화하였을 뿐 아니라 육류와 우유에도 각각 0.1ppm으로 규정하여 그 잔류성의 기준을 상당히 엄격히 제시하였다.

70년대 유전성·최기성여부조사

또 1970년대에 들어서면서부터 농

약의 안전성에 관한 검토기준이 훨씬 강화되어 유전적인 피해유발 여부와 최기성(催奇性) 여부를 비롯하여 어독성, 패류독성 및 조(鳥)류독성 시험 등을 필수요건으로 하고 있다. 또 대사관계 항목에서도 대상동물을 쥐 이외에 개를 추가하였으며, 또 식물체내에서의 대사과정도 필히 검토하고 있다.

환경내 주성분의 안전성 검토하고 잔류기준은 100배 강화하는 등 안전성에 중점

또 농작물에 대한 잔류 허용기준은 0.01ppm으로 1950년대에 비해 무려 100배나 낮아졌으며, 우유류에 대한 잔류허용수준도 0.005ppm으로 1960년대에 비해 20배 정도 낮아진 수준에서 검토하였다. 무엇보다 특기할 사항은 1970년대에 들어서 비로서 생태계에서의 농약의 중요성을 재삼 인식하여 농약의 상품화를 위해서는 환경내에서 얼마나 주성분이 안정한가 하는 등의 검토를 수행하

50년대는 약효에 중점을 두고 개발했으며……60년대 들어서는 독성항목에 장기독성을 추가하고 뿐만 아니라 쥐를 대상으로 한 체내대사과정을 제시했고……70년대에는 농작물 잔류기준을 50년대에 비해 100배나 강화하고 유전적 피해유발 및 최기성(催奇性) 여부 등을 시험했다. 무엇보다 특기할 사항은 70년대 들면서 생태계의 중요성을 감안, 환경내의 주성분의 안전성을 검토하게 되었다.

◇ 농약의 안전성과 개발의 어려움 ◇

여야 하게 되었다. 그리고 1980년대에는 이들 안전성 관계 조사항목이 더욱 강화되어 가고 있으며 더 많은 대상을 통해 정확한 검토를 하는데 많은 노력을 경주하고 있는 것이다. 그러면 이와 같은 안전성 검토를 위한 각 항목의 범위를 알아보고자 한다.

독성관계

독성관계는 급성독성과 만성독성으로 나누어 생각할 수 있다.

급성독성은 주로 동물실험을 통해 실시하며, 실험대상 동물은 쥐종류(Rat, mouse, 흰쥐 등)와 토끼류 및 기니피그 등의 소동물류와 개, 돼지 등이 많이 사용되어지며 경우에 따라서는 소등 대동물을 이용하기도 한다. 급성독성을 조사하는 방법으로는 가장 많이 쓰이는 것이 경구독성(經口毒性)으로 약제를 입을 통해 체내에 투입하는 방법이며, 경피독성(經皮毒性)이나 피하주사 또는 정맥주사와 같은 비소화기관을 통한 체내투입 방법들, 그리고 호흡독성 등으로 나누어 볼 수 있다.

일정한 약량에 대하여 절반이 죽고 절반이 살아 남는데 필요한 약량의 실험치로 그 단위는 mg/kg이다. 즉 생체중(kg)당의 약량(mg)으로 표시된다. 그런데 실험동물의 경우에는 어느 것을 막론하고 연령, 성별 등을 비롯한 여러 가지 조건이 유사한 것을 하나의 단위로 보아 실험을 수행하여야만 개체간의 오차를 줄여 정확한 급성독성을 결정할 수 있는 것이다.

만성독성에 관한 실험은 실험기간에 따라 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 하나는 30~90일간에 농약을 먹이에 섞어 투여하여 발생하는 여러 가지 증상을 조사하는 단기독성 실험이고, 다른 하나는 1~2년간에 걸쳐 수행하는 장기독성실험이다. 이와 같은 만성독성 실험에는 대체로 쥐와 개가 대상동물로 선정되는 것이 상례이다.

치사율, 장기 및 기타기관 : 의 변화를 규명하기 위해 : 조직 및 체액검사 실시

경구 · 경피 · 피하주사 등 실험

급성독성의 정도를 나타내는 방법은 반수치사량(또는 중위치사량)이라 하여 LD₅₀로 나타내는데, 이것은

그리고 만성독성시험의 조사 범위는 치사율은 물론이고, 장기 및 기타기관의 변화, 생리적 기능의 변화등을 조사하므로 조직검사와 체액검사 등도 실시하게 된다. 또 발암성 여

부와 기타 병리학적 피해증상 발생 여부를 철저히 조사하게 되며, 쥐의 누대사육을 통해 3세대 혹은 그 이상의 후대에서 번식력의 변화나 또는 생식기능의 이상을 조사한다. 또한 유전적인 저해를 받아 선천성 기형을 초래하는지, 그리고 이런 경향이 어느 정도의 빈도로 발생하는지를 종합적으로 하여 실제로 이런 현상들이 농약의 사용에서 기인하는지를 평가하여 그 안전성이 확인이 되어야만 상품화하게 되는 것이다.

어류에 대한 급·만성 독성시험

또 많은 농약이 담수어에 대해 높은 어독성을 나타내어 이미 그 피해 정도가 잘 알려진 상태이므로 이와 같은 어독성이 높은 약제는 사용의 제한을 받아야 함은 물론 경우에 따라서는 개발에 규제가 따르게 된다. 대체로 어독성시험에는 급성독성시험과 만성독성시험이 병행되며, 급성독성은 TLM(MEDIAN TOLERANCE LIMIT)으로 표시되는데 그 단위는 ppm으로 이는 일정농도(ppm)의 약제용액 중에서 48시간 후에 대

상 어류의 반수가 사망하는 약제의 농도를 뜻한다. 어독성 시험에 공시되는 어류로는 주로 잉어, 금붕어, 무지개송어, 또는 붕어 등이 되며, 이들 공시어류 역시 부화 후 경과일 수, 생육조건 등이 비슷한 것을 모아 하나의 단위로 하여 시험을 실시한다. 요즈음은 TLM과 같은 급성독성 이외에 저농도의 장기적인 만성독성 실험을 병행하여 동물실험과 마찬가지로 조직의 변화, 산란력 및 부화력 조사, 그리고 기형어의 생산 여부를 종합하여 검토한다.

貝類를 대상으로 한 만성독성

패류(貝類)독성은 주로 민물조개인 말조개류를 대상으로 TLM을 조사하고, 경우에 따라서는 우렁류와 민물새우류 등을 대상으로 하기도 한다. 최근에는 이들 조개류를 위한 만성독성실험을 하여 이들 조개류를 민물생태계 오염의 지표(指標)로 삼고자 하는 노력이 진행되고 있다.

조류에 관한 독성시험은 급·만성독성을 모두 수행하여야 하는데, 대상조류는 이등성조류와 우리의 주변

.....만성독성시험의 조사범위는 치사율은 물론이고 장기 및 기타 기관의 변화, 생리적 기관의 변화 등을 조사하고 발암성 여부와 쥐의 누대사육을 통한 3세 이상의 번식력 변화 및 유전적 변화에 따른 선천성 기형 등을 조사하여 그 안전성이 확인되어야만 농약으로 상품화된다.

◇ 농약의 안전성과 개발의 어려움 ◇

에 서식하는 종류로 나누며, 후자는 다시 야생조류와 참새 등의 생활 주변 조류로 나누어 조사한다. 조류에 관해서는 후에 다시 논의할 생태계 관계 항목에서 자세히 알아 보기로 한다.

대사(代謝) 관계

이 항목에서는 주로 쥐나 개를 대상으로 사료중에 농약 성분을 첨가하며 사육하면서 이들 처리한 성분의 변화과정을 추적하게 된다. 대사과정의 연구에서는 동위원소로 만들어진 농약을 이용하는 것이 보편적으로 알려져 있으며 이를 통해 농약 주성분의 생체내에서의 다른 화합물로의 변환과 흡수 및 체내의 각 기관별 분포, 그리고 체외배설물에 관한 일련의 실험을 수행한다. 또 조사항목 중에는 효소계에 미치는 영향과 체내 성분중 단백질 또는 당질과의 결합정도 등도 포함하고 있다.

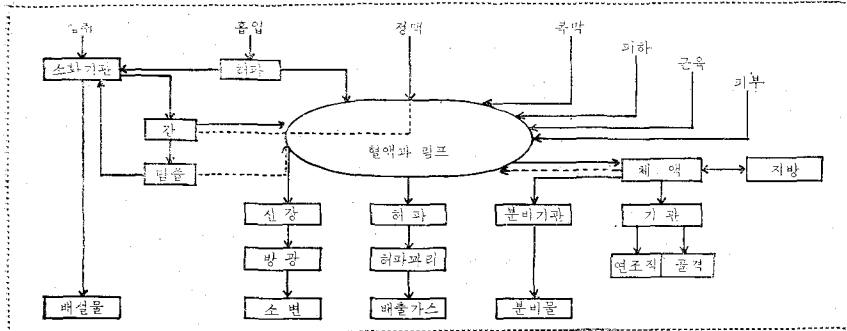
식물체내에서의 대사과정도 그 실험 방법은 유사하나 이것은 특히 대사산물 중에 독성이 현저히 늘어 나는 약제나 뒤에 언급할 잔류독성의 문제를 중점적으로 다룬다.

식물대사 과정은 매우 엄격조사

그 이유는 식물체는 우리가 항상 먹는 채소류를 포함하므로 이들을 섭취할 때에 농약의 성분도 함께 흡수하여 부작용을 가져올 수 있기 때문이다. 그림 1에는 농약 성분이 체내에서 흡수되어 배설되는 과정을 보여주는 것으로 대사 실험을 통해 여기에 나타난 여러가지 기관 등을 분리하여 조사하게 된다.

잔류관계

이 항목에서는 과일을 포함한 농작물 잔류와 육류 및 우유에 관한 잔류 수준을 제시하고 있다. 실험대상은 작물의 경우 가식



<그림 1> 농약의 체내대사 과정

(可食)부위만을 대상으로 하여 상품화 단계에서의 잔류수준을 조사하며 육류나 우유는 가공되지 않은 상태의 신선도를 갖는 것을 대상으로 한다.

식품의 잔류는 특히 엄격히조사

특히 식품에의 잔류는 사람의 건강과 직결되는 문제이므로 다른 항목에 비해 더 많은 수의 시료를 대상으로 실험을 하여야 하며, 약제의 살포 후 경과일수에 따른 주성분 및 대사산물의 잔류수준도 함께 조사하여 종합적으로 안전성 평가를 하고 있다.

생태관계

이 항목은 1970년대에 들어 조사를 하도록 된 새로운 사항들로 이는 생태계의 파괴 정도를 알 뿐 아니라 생태계의 평형유지와 복원 등을 위해 필수적으로 수행하여야만 한다.

생태계 평형·복원 위해 필수적

환경내에서의 농약 주성분의 영향

에 관한 사항을 조사하는 데는, 우선 여기에서 사용하는 「환경」이란 농업환경인 작토 이외에 수질환경을 포함한다는 것을 밝혀둔다. 농약의 안정성이 높으면 상대적으로 잔류성이 높게 된다. 따라서 이와 같은 주성분의 분해, 소실에 미치는 물리화학적 요인과 미생물 등 생물학적 요인을 각각 검토하여 환경내에서의 소멸을 촉진시킬 수 있는 방안도 찾아내어야만 하는 것이다. 또 토양내에서의 이동성을 조사하여 지하수와 관개수의 오염을 예견하거나 농약사용에 따른 피해를 예방할 수 있어야 한다. 또한 농약의 토양 중 이동 정도를 파악하여야만 토양오염원을 제거할 수 있는 자료가 되므로 가능한 한 여러가지 토양조건별로 이동 정도를 조사하여야만 한다. 환경내에서 농약축적 정도를 조사하는 것은 「식품연쇄」 등을 통한 축적 정도를 밝혀 내어 유해 여부를 판별하는 것은 물론, 작물체의 부위별 축적 정도나 동물체의 각 기관, 부위별 축적 정도를 알므로써 인체에의 축적

또 토양내서의 이동성을 조사하여 지하수와 관개수의 오염을 예견하거나 이에 따른 피해를 예방할 수 있어야 한다.……따라서 토양, 수질은 물론 토양해충류, 농작물을 비롯 물종의 플랑크톤, 어류나 수중식물등의 축적정도 등을 조사해야만 한다.……토양생물계나 수중생태계 전반을 대상으로 피해정도를 조사하여 부작용이 없다는 것이 입증되어야 농약으로 상품화된다.

◇ 농약의 안전성과 개발의 어려움 ◇

을 막아 건강장애를 받지 않게 되며 아울러 각 부위의 축적 원인을 밝히고 해결책을 모색하여야만 한다. 따라서 토양, 수질은 물론 토양 해충류, 농작물을 비롯하여 물중의 플랑크톤, 어류나 수중식물 등의 축적 정도를 조사해야만 하는 것이다. 또한가치 중요한 사항은 농약을 사용했을 때 목적인 대상물 이외에 피해를 주거나 부작용을 일으키는 경우가 있는데, 꿀벌, 나비 또는 누에 등이 입는 피해가 그것이고, 또 제초제 사용에 따른 담수어류의 피해 등도 같은 부류이며, 또 야생 조류의 난각이 얇아지는데 따르는 부화율 저하와 이에 따른 멸종위기 등도 간과할 수 없는 것이다. 따라서 스크리닝이나 어독성시험에서 다루는 사항과 중복되는 느낌이지만 토양생물계나 수중생태계 전반을 대상으로 피해 정도를 조사하여 부작용이 없다는 것이 입증되어야만 농약으로서 상품화되는 것이다.

이상에서 살펴본 것은 모두 농약을 합성하는 회사들이 시제품을 내기 전에 검토하여야 하는 안전성에 관한 기본 조사항목인 것으로, 많은 시간과 돈을 들여야만 안정성 검사를 통과하게 된다. 따라서 총개발비의 50% 정도나 소요되는 농약의 안전성 검사는 농약에 의한 피해가 더욱 많아지고 있는데 따라 더욱 엄격

하게 규제하여야 할 것이다. 이럴 경우 농약의 개발비는 더욱 많이 들게 되며 따라서 개발의욕을 낮추는 결과를 가져올 수 있다. 현재에도 이런 우려가 실제화되고 있는 듯하며, 살충제 개발이 살균제나 제초제보다 어렵고 또 그 신개발 품목수에서도 최근 들어 훨씬 감소하고 있는 것은 안전성 위주의 약제개발이 많은 어려움을 안고 있기 때문이다.

그러나 많은 나라에서는 이와 같은 농약개발회사에서 기본적으로 수행하는 안전성 검사에는 만족하지 못하여 보다 정도가 높은 안전성 평가기준을 설정하여 농약의 자국(自國)등록시 여러가지 실험 자료를 요구하고 있다. 농약의 등록에 필요한 시험항목을 가장 엄격하게 규정하여 실시하고 있는 나라는 西獨으로 안전성에 관한 사항도 독성항목에서 급성경구 및 경피독성, 흡입독성과 피부자극성, 눈자극성, 부강자극성을 비롯하여 만성경구독성, 차세대 영향, 생체내분해, 기형유발 및 발암성, 그리고 신경독성 등 많은 자료를 갖추어야 하며, 기타 패류, 조류, 어류, 벌 등 익충류에 관한 독성자료도 함께 제출하여야 한다. 또 작물체, 토양 및 물중의 잔류 정도와 이동성, 동물체내의 축적 및 이에 따른 잔류기준 등도 제시하게 되어 있다. 우리나라도 1981년 5월 농약

관리법 시행규칙의 개정에 따라 작물 및 토양내에서의 잔류성에 관한 실험성과 잔류기준을 제시하도록 하여 전부터 제출하여온 급성경구독성 및 어독성관계 자료만으로는 부족했던 안전성관계 항목을 보완하였으나 아직도 이웃 일본이나 구미 제국에 비해 안전성 검토를 하기에는 미흡한 수준이며, 이들 토양 및 잔류관계 실험성적도 국내 성적만이 인정되는 것이 아니라 외국 성적도 인정되므로, 이들 안전성 강화에 수반되어 발달되는 농약의 잔류, 대사

등과 환경오염에 미치는 영향 등의 연구가 아직도 활발하게 이루어지지 않고 있는 실정이다.

따라서 지금까지 기술한 내용을 다시 한번 정리해 볼 때, 농약의 개발비용 중 안전성관계 실험에 투입되는 돈은 날로 그 비율이 높아지고 있으며 또 인류의 안녕을 위해 나라마다 농약의 안전성관계 기준을 엄격히 규정하고 있으므로 앞으로 개발되어지는 농약은 개발비의 증가를 필연적으로 감수하여야만 할 것이다.

* 농약 안전사용 수칙을 지킵시다 *

농약에 의한 중독사고는 이웃나라인 일본의 경우 △ 사용상, 취급상 부주의 △ 복장상태불비 △ 보관관리 불철저 등 살포자의 부주의로 발생하는 것이 전체의 80% 이상을 차지하고 있어 안전사용수칙만 잘 지킨다면 중독사고는 사전에 방지할 수 있다.