

농약의 인축위해성, 어떻게 평가하나?(Ⅱ)

‘소비자·작업자·거주자’에 대해 ‘급·만성 연령·성별’ 등 평가 다양

위해성 평가위한 다양한 노력속 ‘전문인력·평가기간’ 등은 보완 필요
숙련된 위해성 평가자 확보·다양한 평가지침 개발·평가영역 확대 위해 노력해야

만성소비자 위해성평가

(Chronic risk assessment)

농약이 살포된 식품을 섭취하는 사람들은 간접적으로 평생 농약을 섭취하게 된다. 이와 같은 노출을 만성노출이라 하고, 이때에 수행하는 위해성평가가 만성소비자 위해성평가이다. 만성소비자 위해성평가에는 암을 일으키지 않는 농약은 비발암 위해성평가를 수행하고, 실험동물에서 암을 유발하는 농약일 경우 발암 위해성평가를 수행한다.

비발암성평가(non-cancer risk assessment)

암을 일으키지 않는 농약을 대상으로 음식을 통해 하루 평균 섭취된 농약량과 ADI와 비교하여 ADI의 몇 %를 섭취하는가를 산출하여 평가하는 것이다. 소비자에 대한 위해



이 제 봉
농업과학기술원 농약평가과

성평가라 함은 일반적으로 이 경우를 의미한다. 평가기준은 농산물을 통한 농약섭취량/ADI 비가 80%를 초과하지 않도록 관리하고 있으며 80%를 초과할 때는 적절한 규제를 취하여 사용량을 줄이거나 적용작물 삭제 등을 통하여 안전성을 확보하고 있다. 나머지 20%

는 음용수 등 기타 요인으로 할당하여 평가한다. 이때 사용되는 독성성적의 이용 빈도는 (표 3)과 같다.

발암성평가(Cancer risk assessment)

평가대상 농약이 실험동물을 이용한 발암성시험에서 암을 일으키는 경우는 발암위해성평가를 수행한다. 발암성 농약에는 유전독성을 일으키는 농약과 유전독성을 일으키지

않는 농약으로 구분하여 평가하는 것이 일반적 원칙이다.

표 3. ADI 설정시 이용되는 독성시험별 빈도(US/EPA)

시험 항목	이용빈도(%)
만성독성(Chronic), 개	36
만성독성(Chronic), 랫드	36
번식독성(Reproduction), 랫드	7
아급성독성(Subchronic), 개	6
만성독성(Chronic), 마우스	5
아급성독성(Subchronic), 랫드	5
만성독성(Chronic), 원숭이	1
특수독성시험(Special studies)	1
급성신경독성(Acute neurotoxicity) 등 5항목	<1 ~ 1

유전독성을 일으키는 경우는 비임계 발암 위해성평가(Non-threshold cancer risk assessment) 방법으로 평가한다. 이 방법은 식이섭취를 통한 농약섭취량에 대상농약의 발암지수인 Q1*(US/EPA)를 곱하여 발암위해도를 산출한다. 발암위해도가 1×10^{-6} 이하이면 발암위해성이 없는 것으로 평가하며, 그 이상이면 위해성경감조치가 필요하게 된다. 그러나 이 경우 대부분 등록을 보류한다.

유전독성을 일으키지 않고 발암기전이 알려져 있으며 발암 임계농도(threshold)가 존재하는 경우는 MOE(margin of exposure) 평가를 하게 된다. MOE 평가는 발암성 NOAEL, BMD¹⁾(bench mark dose), PoD²⁾(point of departure), ED₁₀³⁾ 등을 인체에 대한 노출량 비율로 평가하고, 평가식은 NOAEL(BMD, ED₁₀, PoD)/exposure로 나타내며, 평가결과 MOE가 100보다 크면 안전하고 100보다 작으면 규제 조치를 강구해야 한다.

지금까지 발암성이면서도 등록이 가능했

던 농약이 대부분 여기에 속하는 물질이다. 이와 같은 농약의 위해성평가는 암을 유발하는 발암기전이 확실하게 밝혀져야 하고, 인체에 영향이 없거나 무시할 수 있는 영향이라는 설명이 되어져야 한다.

※ 발암성평가에 사용된 용어

* BMD(bench mark dose) : US/EPA에서 비발암 및 발암 용량반응평가를 위해 개발한 수학적 모델로 기존의 NOAEL/LOAEL을 근거로 한 평가방법보다 더욱 정량화된 대체평가방법이다. BMD를 사용하여 평가할 때는 주로 BMD의 95% 신뢰한계의 낮은 쪽인 BMDL을 사용한다.

* PoD(point of departure) : 인체에 대한 위해성을 의심할 때 단순한 유해 시발점을 의미하며, NOAEL이나 BMDL로 대신할 수 있다.

* ED₁₀ : 암과 같은 독성적인 영향을 10% 일으키는 약량을 의미하며, 위해성평가에 적용할 때는 LED₁₀(95% 신뢰한계의 낮은 쪽)을 이용하게 된다.

농약살포자 위해성평가

농작업자 위해성평가는 먼저 농약살포작업을 하는 동안에 사람에게 노출되는 농약량을 산출하여 한다. 농약량을 산출하기 위하여 농약포장을 개봉하거나 희석하여 농약을 살포하고 농약이 살포된 작업현장에 농작업을 하기위하여 출입할 때에 인체에 묻어나는 농약량을 분석한 성적으로 모델을 개발하여 사용하고 있다. 이와 같은 모델은 특정 농약의 위해성평가를 수행할 때 일차적인 위해성 정도를 알아보는 것으로 미국 PHED, 영국

UK POEM 등 대부분의 위해성평가 선진국에서는 이와 같은 모델을 개발하여 사용하고 있다.

우리나라에서도 2000년 이전에는 단지 독성구분 만으로 농작업자를 보호하는 기준으로 이용해 왔으나 최근에는 EUPOEM이라는 모델을 이용하여 노출량을 산출하고, MOE평가나 산출된 노출량에다 AOEL과 비교하여 평가한다. 이와 같은 농작업자에 대한 위해성평가에서도 소비자 위해성평가와 마찬가지로 단기 및 장기노출로 나누어 평가해야 한다. 비록 농작업자에 대한 위해성평가는 대부분 단기노출평가만 해도 별 문제가 없을 것으로 판단되지만 특별한 경우는 장기노출평가가 필요할 때가 있다. 또한 장기는 비발암성 및 발암성평가를 따로 수행해야 한다.

단기노출평가(Short Term Risk Assessment)

농작업을 통하여 특정 농약에 1~30정도 계속 노출된다면 그 농약에 대한 농작업자 위해성평가는 단기노출에 대한 위해성평가를 행해야 할 것이다. 농작업자 단기노출 위해성평가에 사용되는 독성시험은 기형독성, 아급성독성 등이며, 단기간의 농작업을 통해 노출된 농약량과 기형독성 또는 아급성독성 등 단기독성시험 중 가장 낮은 NOAEL을 농약노출량과 비교하여 평가하는 MOE 평가법이나, 가장 낮은 NOAEL로 산출된 AOEL과 비교하여 작업자에 대한 안전성여부를 평가한다. MOE는 100을 초과해야 안전하고, AOEL/Exposure 비는 1을 초과해야 안전한 것으로 평가한다. 만일 평가결과

가 기준치보다 낮을 때는 개인 보호장비 착용 등 추가의 경감요인을 적용하여 평가하게 되고 이 경우에도 초과하게 되면 실제포장시험을 통하여 농약노출량을 산출하고 위에서 제시한 기준과 비교하여 포장시험에서 안전하면 사용이 가능하지만 여기서도 위해한 것으로 평가되면 등록을 보류해야 한다.

※ 우리나라의 농작업자 위해성평가 예

1. 기본방침

- 평가대상농약 : 희석제(입제 및 분제는 제외)
- Tier approach 평가법 적용
- 노출량이 가장 많을 것으로 예상되는 노출조건하에서 농작업 노출평가 모델(EUROPOEM)을 이용하여 노출량 산출 및 평가
- 모델(EUROPOEM)을 이용하여 평가한 결과 위해성이 인정되면 노출량산출 시험을 수행하여 평가

2. 평가체계

- 1단계
 - 살포액 중 원제함량, 살포량, 작업시간 및 작업형태를 고려하여 농작업자노출평가 모델(EUROPOEM)을 이용하여 노출량 산출
 - 작업자허용노출량(AOEL)이하라면 추가 평가생략, AOEL이상이면 2단계평가 수행
- 2단계
 - 사용농약에 대한 추가정보 및 노출자료를 이용하여 실제사용에 가까운 조건에서 노출량 산출

농약의 인축위해성, 어떻게 평가하나?(II)

- 개인보호장비 등의 착용에 의한 추가 노출량 감소요인 검토(70 ~ 90%)
- 작업복 및 면장갑 50%, 고무장갑 90% 감소
- ※ 작업자허용노출량(AOEL)이하면 추가 평가생략, AOEL이상이면 3단계평가 수행
- 3단계평가
 - 포장조건하에서 농약에 대한 작업자 노출량시험 수행 후 평가
 - 작업자허용노출량(AOEL)이하면 등록이 허용되나, AOEL이상이면 등록보류

장기노출 평가(Long Term Risk Assessment)

농작업자에 대한 장기노출 위해성평가도 소비자에 대한 위해성평가와 같이 비발암성과 발암성으로 나누어 평가한다. 평가방법은 대부분 소비자와 유사하나 노출량산정법이 차이가 있다. 하지만 만성 AOEL은 소비자 위해성평가에 사용한 ADI와 동일하고 발암지수도 소비자 위해성평가의 것과 동일하다.

비발암성평가(Non-cancer Risk Assessment)

만성노출량산정은 일일 평균노출량, 일년 중 노출되는 평균일수, 일생동안 농업에 종사하는 연수를 이용하여 일생일일평균노출량(LADD, Life time average Daily Doses)을 산출하고, 산출된 LADD를 만성 AOEL(cAOEL)과 비교하여 평가한다. 평가방법은 MOE 접근법, cAOEL/LADD 비, %cAOEL 등 다양하게 평가할 수 있다. 평가결과 기준치를 벗어나면 개인 보호장비 착용 등 노출량 경감조치가 필요하다.

발암성평가(Cancer Risk Assessment)

동물시험에서 암을 유발하는 농약인 경우 발암위해성평가를 수행하게 되는데, 평가방법은 발암지수(Q1* ,US/EPA)를 LADD (life time average daily doses)에 곱하여 평가하였다. 평가기준은 1×10^{-6} 이상이면 위험한 것으로, 작으면 안전한 것으로 판단한다.

우리나라의 위해성 평가 문제점 및 개선방향

우리나라에서도 농약의 등록 및 관리를 위해서 소비자뿐만 아니라 작업자에 대해서도 위해성평가를 하고 있다. 2000년부터 농약 안전성 소위원회에서 ADI를 설정해 오고 있으며, 신물질을 함유하고 있는 신규 농약 품목에 대해서는 등록단계에서 잠정 MRL과 작물잔류성적을 이용하여 제품의 소비자 및 작업자에 대한 위해성을 평가하고 있다. 그리고 2006년부터는 ADI설정 전문가협의회를 유관기관 전문가들과 함께 수행하고 있다. 그러나 농약의 등록을 위해 위해성을 평가하는 전문 인력이 선진 외국에 비하여 소수이며, 평가기간도 6개월로 짧아서 우리나라 농약관리의 약점으로 노출되고 있다. 또한 위해성평가의 영역도 소비자, 작업자, 거주자 등에 대하여 급성, 만성, 연령별, 성별 등 다양하게 나누어 평가하고 있다. 이외에도 평가항목별로 노출시나리오, 평가모델 개발 등 위해성평가법의 개선, 강화 등 많은 노력을 기울이고 있다. 이와 같은 관점에서 우리나라도 빠른 시일 내에 숙련된 위해성평가자의 확보와 다양한 평가지침 개발, 평가기법의 선진화, 위해성평가 영역확대 등 다양한 노력이 필요하다 하겠다. Y