

# Priority Ranking for Pesticide Risk Management in Korea

김 예 신 박사  
(연세대 의대)



국내에서 농약의 위해성 관리를 위한 우선 순위 선정에 관한 연구  
(Priority Ranking for Pesticide Risk Management in Korea)

김예신 · 박화성 · 이동수\* · 신동천

(Yeshin Kim, Hwaseung Park, Dongsoo Lee, Dongchun Shin)

연세대학교 환경공해연구소 · \*서울대학교 환경대학원

*Institute for Environmental Research, Yonsei University, Seoul 120-752, Korea*

<sup>1</sup>*Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea*

## 서론

1991년에 전세계적으로 이용되는 농약의 유효성분은 800종으로 알려져 있고, 사용량도 253만톤에 달하는 것으로 보고되고 있다. 우리나라의 경우는 유효성분이 대략 300여 종이상이며, 2002년도 생산량은 26,585톤으로 이중 제초제가 21.5%, 살균제가 33.4% 그리고 살충제가 33.9%, 생장 조정제가 6.2% 그리고 기타 제제가 4.0%로 구성되어 있다 (농약공업협회, 2003).

이러한 농약은 농작물의 수확물 생산에 큰 기여를 하고 있으며, 약 40%까지 농작물의 손실을 줄일 수 있는 것으로 보고되고 있다. 반면 이들 농약 사용은 인체나 생태계에서 위해성을 부과하는 이면을 지니고 있다.

농약은 다매체를 통해 인체나 생태계에 노출되고 있다. 농약의 다양한 노출 경로를 보면, 농약을 생산하는 근로자들, 농사를 짓거나 정원을 가꾸거나 해충을 제거하기 위해 직접 농약을 사용하는 농부나 일반인들이 직접적으로 노출될 수 있고, 이러한 농약 사용 과정에서 발생하는 다매체로의 잔류 농약 전이를 통해 대기, 물, 토양, 식품을 통해 인체나 생태계에 직접·간접적인 영향을 줄 수 있다.

카슨의 저서 “침묵의 봄”에서 DDT와 다른 유기 염소계 살충제와 같은 농약 사용과 관련된 환경적 위협에 대해 강조한지 40년이 흘렀다. 그 이후로 인체나 생태계에 대한 농약의 영향은 과학자, 일반 대중, 정부 그리고 사회단체 등의 관심의 대상이 되었고 그 결과, 우리나라의 경우도 농약을 포함한 내분비계 장애물질에 대한 장기적이고 국가적인 연구 사업을 진행하고 있다. 또한 다른 여러 선진국가에서도 이들 농약의 위해도 관리 및 규제에 많은 재원을 투자하고 있다.

국내에서 농약 관리는 내분비계 장애물질에 포함된 40여종의 농약에 대해서만 관심을 가지고 있고, 그 외의 농약들에 대해서는 일부만이 화학물질 관리법상 유독물로 지정

하고 있을 뿐, 이들 농약들의 매체내 동태 및 위해성 관리에 대한 정책적인 방향성이 부재한 상태이다. 또한 국내에서 사용되는 농약에 대한 정보 데이터베이스가 구축되어있지 않아, 위해성 평가가 매우 어려운 상태이다. 따라서 이들을 관리하기 위해서는 우선 흩어져 있는 자료들을 수집하고 자료의 질을 검증하는 작업이 우선적으로 이루어져야 한다.

현재 상태에서 농약의 노출로 인한 인체 및 생태 위해성을 평가하기란 쉽지 않다. 즉 현재로서는 자료의 부족으로 위해성 평가를 진행할 수 없다. 농약에 대한 노출정보가 부족할 뿐 만 아니라, 양질의 독성 정보도 얻기가 쉽지 않다. 특히 국내에서만 사용되는 농약 성분의 경우는 더욱 어렵다.

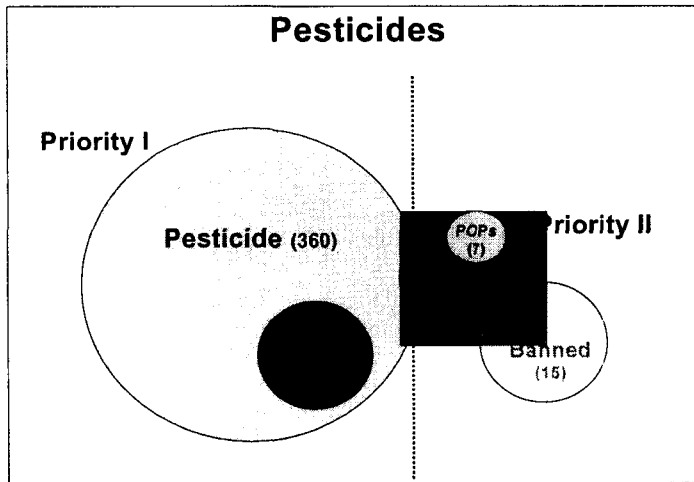
그렇다고 이러한 정보들이 만족할 만한 수준에 이르기까지 농약의 위해성 관리에 대한 정책 결정을 미루고 있을 수는 없기 때문에, 장기간에 걸쳐 농약의 위해성 평가에 대한 정보들을 생산하고 수집·검증하고 체계적인 데이터베이스를 구축하는 작업을 장기적으로 진행하면서, 우선적으로 관심을 가져야 할, 즉 위해성이 우려되는 물질에 대한 목록을 작성하는 것이 중요하다고 판단된다.

따라서 이 연구에서는 현재 사용중인 농약과 일부 금지 농약을 포함하는 내분비계 장애물질로 규정된 농약에 대한 위해성 관리를 위한 1단계로서 대상 농약에 대한 우선 순위 목록을 작성하고자 한다. 이는 현재 사용중인 농약에 대한 특별한 관리 시스템이 없는 한, 관리 우선 순위에 대한 정책결정시 유용한 정보로 활용될 것으로 판단된다.

## 2. 연구내용 및 방법

### 가. 연구내용

#### 1) 대상물질 선정



우선순위 선정을 위한 대상 농약은 2001년 국내에서 생산되거나 수입되고 있는 총 360종의 농약 성분을 대상으로 하였다. 이 중 우선 순위 선정에 필요한 자료의 조건을 만족하는 56종을 대상으로 하여, 전체 통합 우선 순위 Type 1(Priority List 1)를 선정하고, 현재 사용 금지 물질을 포함하는

EDCs 물질 40종을 대상으로 Type 2(Priority List 2)를 선정하고자 한다. 대부분의 EDCs 물질들은 몇가지 물질을 제외하고 거의 사용이 금지되고 제한되어 있고 또는 사용량이 많지 않은 경우로서, 현재 환경부에서 관리를 위한 계획을 수립·추진하고 있으므로 별도의 목록을 제안하였다.

## 2) 우선 순위 선정

대상 농약에 대한 우선 순위 선정을 위한 구조는 특정 매체나 특정 수용체에 대한 목적이 아니라 다매체 및 인체 및 생태계에 적용 가능한 일반적인 형태(generic type)로 개발하였다. 그리고 각 수용체에 대한 위해도는 노출(Exposure)과 독성(Toxicity)으로 구분하고 각각에 해당하는 지표(Indicator)와 종말점(Endpoint)을 결정한 후, 각 종말점에 대한 값들을 5가지 수준으로 구별하였다. 그리고 대상 물질의 각각의 종말점에 대한 값을 점수로 환산한 후, 일정한 공식에 따라 점수를 합산한 후 우선 순위를 결정하였다.

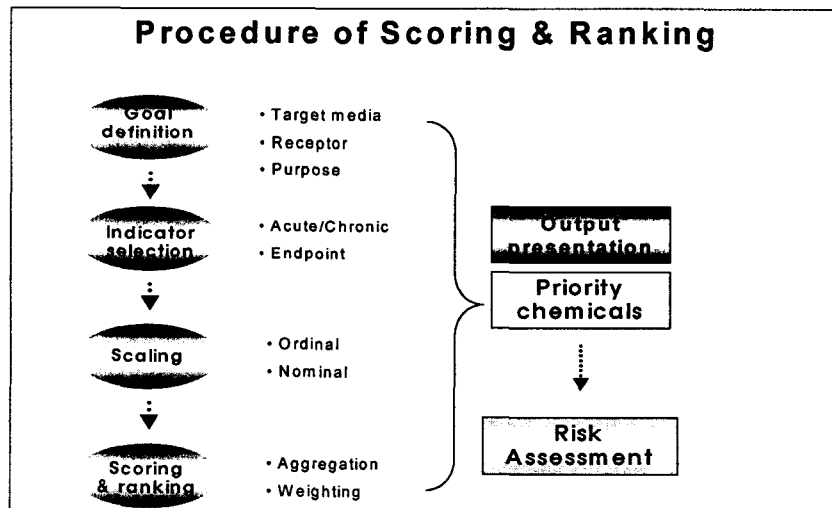


Figure 1. Procedure of scoring and ranking system for pesticide priority

### 나. 연구방법

#### 1) 목적 정의

#### 2) 지표 선택(indicator selection)

우선 순위 선정 시스템에는 인체나 생태계에 대한 독성 및 노출을 고려하였다. 독성 영향으로는 급성 및 만성 영향을 모두 고려하였고, 생태계의 경우는 수생 및 육상 생태계 영향을 분류하여 고려하였고. 인체 및 생태계의 노출의 경우는 잔류성(persistent), 생

체농축성(bioaccumulation)과 출하량을 이용한 배출량을 노출의 지표로 이용하였다.

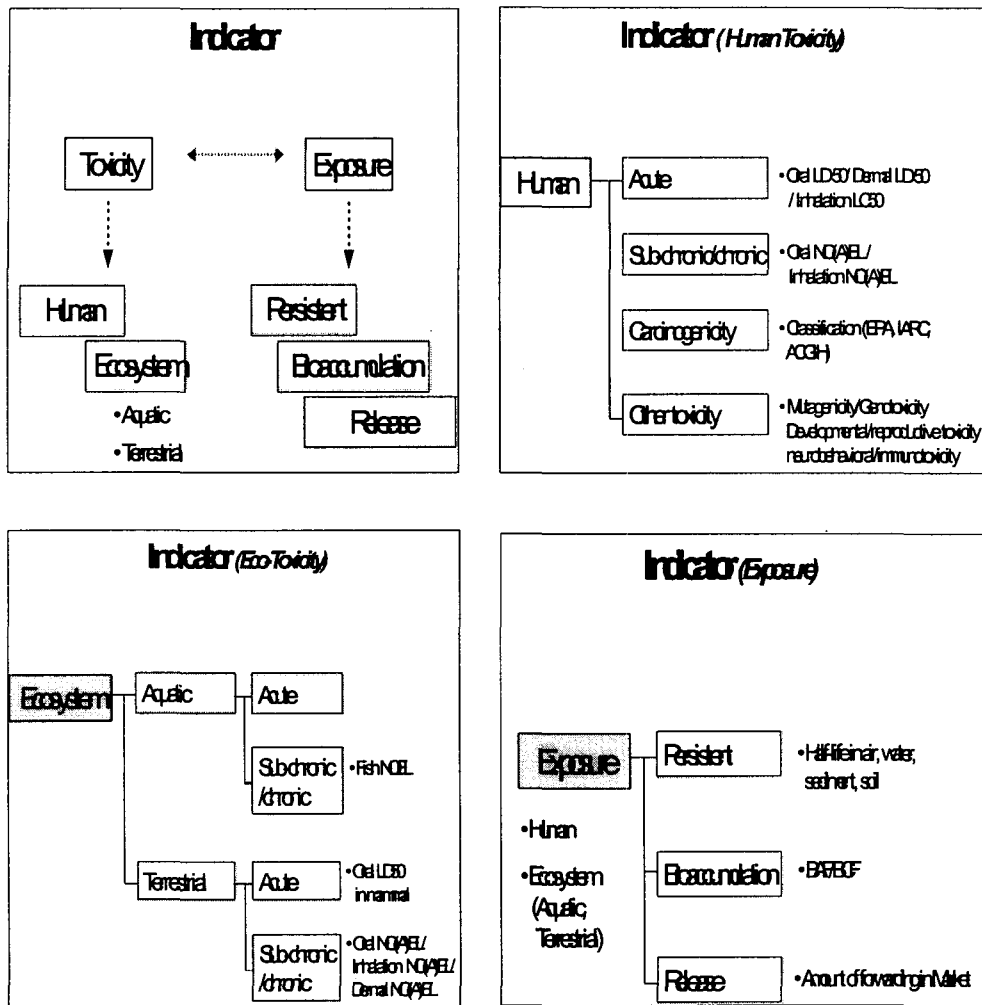


Figure 2. Indicator and its endpoint corresponding to toxicity and exposure for human and ecosystem

인체 독성의 경우 급성 독성, 아만성/만성 독성, 발암성 및 기타 독성을 지표로 하였고, 각 독성의 종말점(endpoint)의 경우, 급성 독성은 구강 치사량(Oral LD 50), 피부 치사량(Dermal LD 50), 흡입 치사량(Inhalation LD50)으로 하였다. 아만성/만성 독성의 경우는 구강 및 흡입 (유해)영향 무관찰 수준(Oral NO(A)EL and Inhalation NO(A)EL)으로 하였다. 발암성의 경우는 EPA 및 IARC의 발암성 분류 체계(Carcinogen classification system)를 이용하였다. 기타 독성은 돌연변이원성/유전자 독성 (Mutagenicity/ Genotoxicity), 발육 독성(Developmental toxicity), 생식 독성 (Reproductive toxicity), 신경행동학적 독성(Neurobehavioral toxicity) 및 면역 독성 (Immunotoxicity)와 같은 5가지 영향에 대해 고려하였다.

생태 독성은 수생 독성(Aquatic toxicity)과 육상 독성(Terrestrial toxicity)으로 분류하였고, 수생 독성의 경우, 급성 독성은 어류, 조류, 물벼룩 및 무척추류에서의 치사량(LC 50 in fish, algae, daphnia, invertebrate), 만성독성은 어류에서의 영향 무관찰 수준을 적용하였다. 육상 독성의 경우, 급성 독성은 포유류에 있어, 치사량, 만성 독성은 구강 및 흡입 (유해)영향 무관찰 수준(Oral NO(A)EL and Inhalation NO(A)EL)을 이용하였다.

노출의 경우는 잔류성에 대해서는 반감기를, 생체 농축성은 생체 농축 지수(BAF/BCF)를, 배출량은 국내 농약 출하량을 이용하였다.

여기서 배출량 추정을 위해, 출하량에 각각의 매질의 분배율을 곱하여 산정하였다. 이때, 각 매질의 분배율 결정은 Mackay Level I 모형(Figure 3)을 사용하였다. 여기서 대기 및 토양을 육상으로 배출되는 것으로 가정하였고, 물, 저질, 부유물질, 생물체에 대한 분배율은 수계로 배출되는 것으로 가정하였다.

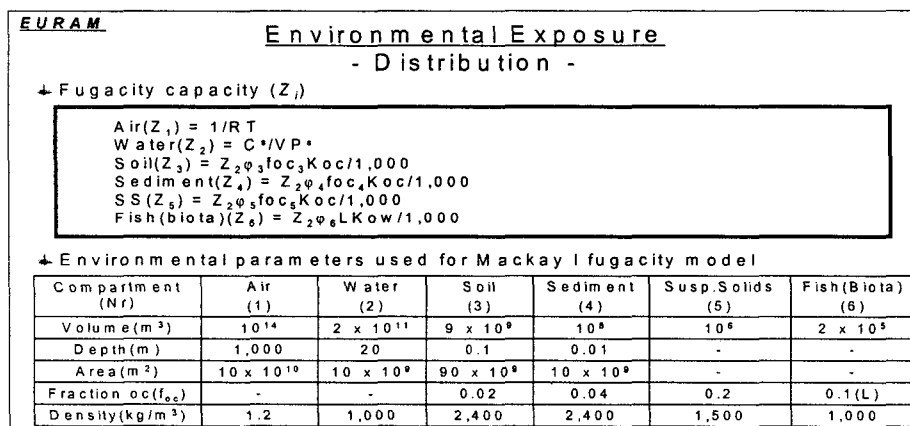


Figure 3. Mackay Level I model for environmental distribution

### 3) 척도화(Scaling)

각 독성 및 노출 지표에 대한 종말점에 대한 척도화를 하였다. 각각의 종말점에 대해 5구간으로 척도화하였다(Figure 4). 종말점의 구간에 대한 기준 수치는 다른 시스템과 비교하여 설정하였다(US EPA, 1994, Erin et al., 2000).

<b>Scaling ( Human Toxicity)</b>					
Indicator \ Scale	1	2	3	4	5
<b>Acute</b> Oral/Dermal LD50 (mg/kg) Inhalation LC50 (mg/m <sup>3</sup> )	> 5000 > 15,000	500~5000 1,500~15,000	50~500 150~1,500	5~50 15~150	< 5 < 15
<b>Sub-chronic/ Chronic</b> Oral NO(A)EL (mg/kg/day) Inhalation NO(A)EL (mg/m <sup>3</sup> )	> 1,000 > 3,000	100~1,000 300~3,000	10~100 30~300	1~10 3~30	< 1 < 3
<b>Carcinogenicity</b> EPA IARC	E 4	D 3	C 2B	B(B1,B2) 2A	A 1

Other toxicity: Positive response = 1, Negative response = 0 (max. value=5)

<b>Scaling ( Eco-Toxicity)</b>						
Ecosystem	Indicator \ Scale	1	2	3	4	5
<b>Aquatic</b>	Acute LC50 (mg/kg)	> 1,000	100~1,000	10~100	1~10	< 1
	Sub-/chronic NOEL (fish) (mg/l)	> 100	10~100	1~10	0.1~1	< 0.1
<b>Terrestrial</b>	Acute LD50 (mg/kg)	> 5,000	500~5,000	50~500	5~50	< 5
	Sub-/chronic Oral NO(A)EL (mg/kg/day) Inhalation NO(A)EL (mg/m <sup>3</sup> )	> 1,000 > 3,000	100~1,000 300~3,000	10~100 30~300	1~10 3~30	< 1 < 3

<b>Scaling ( Exposure)</b>					
Indicator \ Scale	1	2	3	4	5
<b>Persistent</b> Half-life (day)	≤ 4	4~20	20~50	50~100	> 100
<b>Bioaccumulation</b> BAF/BCF	≤ 100	100~1,000	1,000~10,000	10,000~100,000	> 100,000
<b>Release (ton/year)</b>	≤ 5	5~50	50~500	500~5,000	> 5,000

Figure 4. Scaling for human toxicity, ecological toxicity and exposure



#### 4) 배점 및 서열화(Scoring and ranking)

인체 위해 점수를 계산하기 위해서, 각 독성 지표의 종말점에 대한 배점은 1점~5점으로 하였고, 전체 인체 독성 점수는 급성 독성, 만성 독성, 발암성 및 기타 독성 점수를 모두 합하였고, 최대 점수는 20점이였다.

여기서 하나의 종말점에 대한 보고된 값이 여러개인 경우(하나의 실험종에 대해 여러개 값을 갖는 경우, 다수의 실험종으로 인해 여러개 값을 갖는 경우), 이 중 가장 민감한 값을 채택하여 점수화하였고, 한 지표에 대해 여러개 종말점을 가지는 경우(급성 독성은 흡입 독성, 구강 독성, 피부 독성), 가장 민감한 값을 가지는 종말점의 값을 최종 점수로 선택하였다. 예를 들어 급성 독성에 대한 종말점 중 흡입 독성 점수가 다른 독성 점수보다 낮다면, 흡입 독성을 급성 독성의 최종 점수로 선택하였다.

인체 노출 점수 역시 각 지표에 대한 배점은 1점~5점으로 하였고, 잔류성과 생체농축성을 합한 후, 배출량 점수를 곱하여서 최대 점수는 50점이였다. 최종적으로 인체 위해 점수는 독성과 노출 점수를 곱한 후, 20으로 나누어서 최대 점수를 50점으로 조정하였다.

생태 위해 점수를 계산하기 위해서, 수생 및 육상 생태 독성 지표의 종말점에 대한 배점은 1점~5점으로 하였고, 전체 수생 생태 독성 점수는 급성 독성 및 만성 독성 점수를 합하였고, 최대 점수는 10점이였다.

여기서 하나의 종말점에 대한 보고된 값이 여러개인 경우와 한 지표에 대해 여러개 종말점을 가지는 경우, 인체 독성 점수 방식과 동일한 방법으로 배점하였다.

생태 노출 점수 역시 각 지표에 대한 배점은 1점~5점으로 하였고, 잔류성과 생체농축성을 합한 후, 배출량 점수를 곱하여서 최대 점수는 50점이였다. 최종적으로 수생 생태 위해 점수는 독성과 노출 점수를 곱한 후, 10으로 나누어서 최대 점수를 50점으로 하였다. 육상 생태 위해 점수 역시 동일한 방식으로 배점하여, 최대 점수를 50점으로 하였다. 결국 생태 전체 위해 점수는 수생 생태 위해 점수와 육상 생태 위해 점수를 합하여 2로 나눈 후 인체 위해 점수와 동일한 최대 점수를 50점으로 조정하였다.

통합 위해 점수는 인체 위해 점수와 생태 위해 점수를 합하여 최대 100점으로 하였다.

#### 5) 데이터 베이스 및 불확실성

각 지표의 종말점에 대한 자료는 주로 HSDB, IUCLID, IRIS를 이용하였다. 자료 결손에 대한 불확실성을 고려하기 위해서 두가지 방법을 적용하여 불확실성 점수를 산정하였다. 첫 번째 방법은 자료가 결손이 있는 종말점의 값을 최소값(Default=1)과 최대값을 주었을 때, 각각 총점 차이의 절대값을 불확실성 점수(1)로 하였고, 다른 하나는 자료의 결손이 있는 경우를, 1점으로 하여, 결손에 대한 총점수를 불확실성점수로 하였다.

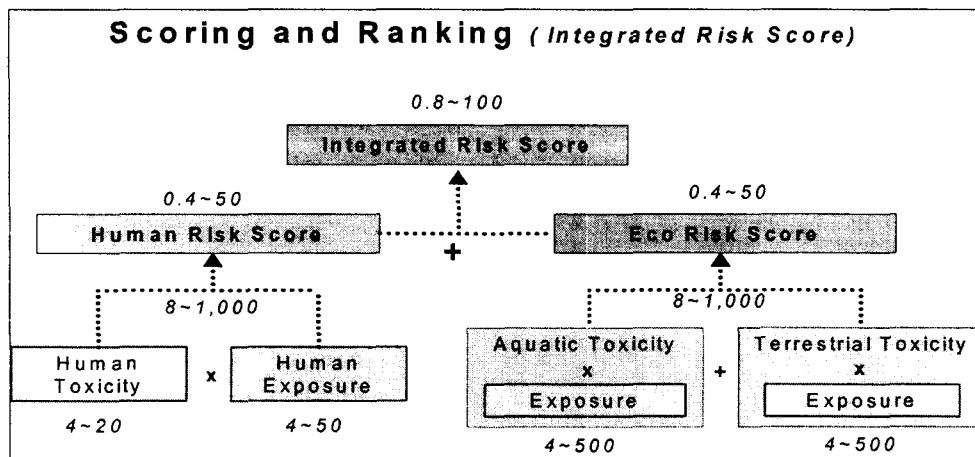
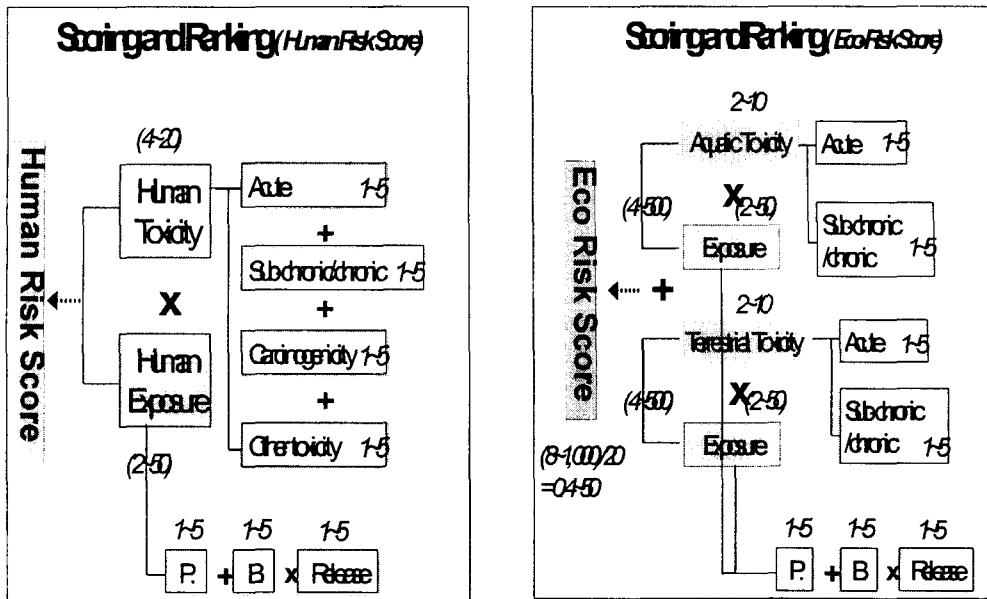


Figure 5. Scoring method on each indicator and its endpoint

Database	
• Human toxicity	Acute toxicity: H SDB, IUCLID Sub-chronic toxicity: IRIS, IUCLID Carcinogenicity: IRIS, IARC (from H SDB), ACGIH (from H SDB) (Preference order) Other toxicity: H SDB
• Ecological toxicity	Terrestrial acute toxicity: H SDB, IUCLID Terrestrial sub-chronic toxicity: IRIS, IUCLID Aquatic acute toxicity: H SDB Aquatic sub-chronic toxicity: H SDB
• Exposure	Chemical properties (for Mackay I): H SDB Persistence: H SDB Bioaccumulation: H SDB Released amount: Agrochemical Year Book (KCPA, 2003)

Figure 6. Database available for endpoints

### 5) 우선 순위 결과 표현(Output presentation on priorities)

농약의 위해성에 대한 우선 순위는 두 가지로 분류하여 제시하였다. 하나는 인체 및 생태 위해 점수를 통합한 통합 순위와 다른 하나는 인체 및 생태 노출 점수 및 독성 점수를 분리하여 제시하였다. 또한 필요한 경우 각 세부 지표나 종말점에 대한 우선 순위도 제시하여 통합 순위와 비교하였다.

통합 순위는 전체 통합 순위 Type 1(Priority Type 1)과 Type 2(Priority Type 2)를 제시하고, Type 1의 경우는 농약 성분별 순위, 농약 용도별 순위를 제시하여 비교하였다. 또한 우선 순위 목록에 포함된 물질의 자료에 대한 불확실성 점수를 계산하였다.

개별 순위는 인체의 경우, 인체 위해, 급성 독성 및 만성 독성 순위를, 생태의 경우, 생태 위해, 수생 생태 독성 및 육상 생태 독성 순위를 제시하여 전체 통합 순위와 비교하였다. 또한 노출의 경우는 노출 위해, 출하량, (잔류성+생체 농축) 순위를 제시하였다. 이들 각각의 목록과 통합 순위 목록 Type 1(Priority Type 1)과 비교하여 각각의 지표나 종말점에 대한 우선 순위 목록이 통합순위에 얼마나 잘 반영되었는지를 검토하였다.

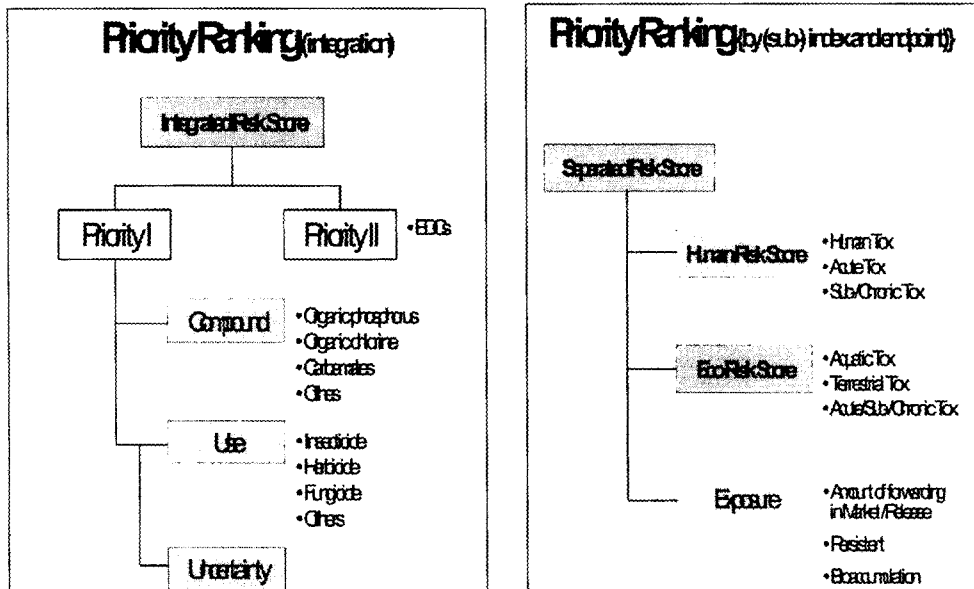


Figure 7. Output presentation for pesticide priority ranking in this study

### 3. 연구 결과 및 고찰

#### 가. 자료의 충실도

우선순위를 위한 각 지표에 대한 자료 결손에 대한 빈도를 파악한 결과, 최초 대상물질 즉 출하량이 보고된 총 318종에 대한 결과는 자료가 있는 경우 약 10%~25%정도(배출량 자료 제외)였고, 각 지표에 대한 자료가 어느 정도 존재하는 52종의 경우는 인체 독성 자료의 경우는 급성자료가 가장 많았고, 만성 자료가 약 26%로서 가장 부족하였다. 생태 독성 자료의 경우는 급성 자료가 가장 많았고, 만성 자료 중 수생 독성 자료는 약 9%로서 매우 부족하였다. 노출 자료의 경우는 대부분 90%이상이었다. 또한 EDCs중 농약류 40종의 경우도 Figure 8과 같다.

	Human toxicity data				Eco-toxicity data				Exposure data		
	Acute	Chronic	Carcino-genicity	Other Tox.	Aquatic Acute	Aquatic Chronic	Terrest. Acute	Terrest. Chronic	P.	B.	R.
Total (360)	25.2%	9.7%	14.4%	22.2%	13.3%	2.2%	22.2%	10.0%	22.4%	22.7%	84.2%
Pesticide(58)	96.5%	26.3%	36.8%	71.9%	61.4%	8.8%	89.5%	26.3%	89.5%	91.2%	100%
EDCs (40)	82.5%	42.5%	75.0%	72.5%	32.5%	5.0%	82.5%	42.5%	77.5%	60.0%	-

Figure 8. Data availabilities on toxicity and exposure variables of pesticides

#### 나. 통합 우선 순위

##### 1) 전체 우선 순위

전체 우선 순위는 두 가지 형태로 분류하여 도출한 결과, EDCs를 제외한 농약 52종의 Priority List 1와 EDCs에 포함된 농약들의 우선 순위 Priority List 2는 그림에 제시하였다. Priority List 2에서 각주 1)~5)에 해당하는 물질은 출하량이 보고된 물질이므로 가장 우선순위에 있다고 볼 수 있다. 단 Priority List 2에서는 대부분의 물질이 금지되었거나 사용량이 제한 또는 보고되고 있지 않으므로, 노출 위해 점수를 계산하는 과정에서 배출량에 대한 항목을 삭제하였다. 그 결과 상위 5순위에 DDT, Kepone, Lindane, Toxaphene, Heptachlor 포함되었고, 배출량을 고려하는 경우, 상위 5순위에 Methomyl, Dicofol, 2,4-D, Benomyl, Carbaryl이 포함되었다.

앞으로 언급되는 결과물은 52종을 대상으로 한 Priority List 1에 대한 분석 결과만을 제시하였다. Priority List 2에 포함된 물질은 국가적인 차원에서 실태조사 및 위해성 평가 계획을 지니고 있기 때문에 분석 대상에서는 제외하였다. 단 통합 순위를 참고하여 우선순위 목적에 따라 적절히 배합하여 사용할 수 있을 것으로 생각된다.

Priority Ranking ( Integrated Risk Score)				
Pesticide (except EDCs)			Pesticide of EDCs	
1~20	21~40	40~52	1~20	21~40
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parathion</li> <li>• Dichlorovos</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Tebufenozide</li> <li>• EPN</li> <li>• Molinate</li> <li>• Thiram</li> <li>• Chlorothalonil</li> <li>• Phenthoate</li> <li>• Phorate</li> <li>• BP</li> <li>• Azocyclotin</li> <li>• Acephate</li> <li>• Linuron</li> <li>• Trichlorfon</li> <li>• Captan</li> <li>• Fluazifop-p-butyl</li> <li>• Fenitrothion</li> <li>• Bentazone</li> <li>• Ethalfuralin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Folpet</li> <li>• Chlorpyrifos-methyl</li> <li>• Glufosinate ammonium</li> <li>• Cyprodinil</li> <li>• Bifenthrin</li> <li>• Tralomethrin</li> <li>• Pyridaben</li> <li>• Dicamba</li> <li>• Phosalone</li> <li>• Carboxin</li> <li>• Safrole</li> <li>• Propiconazole</li> <li>• Bifenazate</li> <li>• Pyriproxyfen</li> <li>• Fipronil</li> <li>• Phosmet</li> <li>• Oxadiazon</li> <li>• Cymoxanil</li> <li>• Thiodicarb</li> <li>• Pymetrozine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MCPP</li> <li>• Chlorpropham</li> <li>• Teflubenzuron</li> <li>• Fenoxycarb</li> <li>• Flufenacet</li> <li>• MCPB</li> <li>• Azoxystrobin</li> <li>• Acibenzolar-s-methyl</li> <li>• Dimethomorph</li> <li>• Flumioxazin</li> <li>• Kresoxim methyl</li> <li>• 4-cpa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DDT</li> <li>• Kepone</li> <li>• Lindane</li> <li>• Toxaphene</li> <li>• Heptachlor</li> <li>• Methomyl 1)</li> <li>• Endosulfan</li> <li>• Hexachlorobenzene</li> <li>• Mirex</li> <li>• Dicofol 2)</li> <li>• Chlordane</li> <li>• PCP</li> <li>• Methoxychlor</li> <li>• Ziram</li> <li>• DBCP</li> <li>• Alachlor</li> <li>• Zineb</li> <li>• 2,4-D 3)</li> <li>• Malathion</li> <li>• Amitrole</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nitrofen</li> <li>• beta-HCH</li> <li>• Cypermethrin</li> <li>• Maneb</li> <li>• Aldicarb</li> <li>• Metribuzin</li> <li>• Vinclozoline</li> <li>• Carbaryl 5)</li> <li>• 2,4,5-T</li> <li>• Fenvalerate</li> <li>• Benomyl 4)</li> <li>• Metiram</li> <li>• Ppermethrin</li> <li>• Atrazine</li> <li>• Dieldrin</li> <li>• Esfenvalerate</li> <li>• Ethylparathion</li> <li>• Mancozeb</li> <li>• Transnonachlor</li> <li>• Trifluralin</li> </ul>

Figure 9. Priority ranking for Pesticide except EDCs and EDCs' pesticide

(가) 성분별 우선 순위

대상 농약 총 52종중 유기인계가 10종, 유기염소계가 2종, 카바마이트계가 5종, 기타가 35종에 대한 순위는 Figure 10과 같고, 상위 15순위내에 유기인계가 6종, 유기염소계가 1종, 카바메이트계가 1종, 기타 6종이 포함되었다. 대상 농약의 대부분이 기타 성분제제로 분류되었고, 상위 15순위내에도 기타 농약이 가장 많이 포함되었다.

Priority Ranking ( Integrated Risk Score - compounds)				
Integration	Organophosphate (10)	Organochlorine (2)	Carbamate (5)	Others (35)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parathion</li> <li>• Dichlorovos</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Tebufenozide</li> <li>• EPN</li> <li>• Molinate</li> <li>• Thiram</li> <li>• Chlorothalonil</li> <li>• Phenthoate</li> <li>• Phorate</li> <li>• BP</li> <li>• Azocyclotin</li> <li>• Acephate</li> <li>• Linuron</li> <li>• Trichlorfon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parathion</li> <li>• Dichlorovos</li> <li>• EPN</li> <li>• Phenthoate</li> <li>• Phorate</li> <li>• Acephate</li> <li>• Trichlorfon</li> <li>• Fenitrothion</li> <li>• Chlorpyrifos-methyl</li> <li>• Phosalone</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chlorothalonil</li> <li>• Safrole</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chlorpropham</li> <li>• Fenoxycarb</li> <li>• BP</li> <li>• Thiodicarb</li> <li>• Bifenazate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Methidathion</li> <li>• Tebufenozide</li> <li>• Molinate</li> <li>• Thiram</li> <li>• Azocyclotin</li> <li>• Linuron</li> <li>• Captan</li> <li>• Fluazifop-P-butyl</li> <li>• Ethalfuralin</li> <li>• Bentazone</li> <li>• Folpet</li> <li>• Glufosinate ammonium</li> <li>• Cyprodinil</li> <li>• Bifenthrin</li> </ul>

Figure 10. Integrated priority ranking according to pesticide effective compounds

(나) 용도별 우선 순위

대상 농약 총 57종중 살충제 24종, 제초제 13종, 살균제 13종, 기타 2종에 대한 순위는 표 과 같고, 상위 15순위내에 살충제가 10종으로 대부분을 차지하였다.

Priority Ranking ( Integrated Risk Score - purpose)				
Integration (15)	Insecticide (24)	Herbicide (13)	Fungicide (13)	Others (2)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parathion</li> <li>• Dichlorvos</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Tebufenozide</li> <li>• EPN</li> <li>• Molinate</li> <li>• Thiram</li> <li>• Chlorothalonil</li> <li>• Phenthoate</li> <li>• Phorate</li> <li>• BP</li> <li>• Azocyclotin</li> <li>• Acephate</li> <li>• Linuron</li> <li>• Trichlorfon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parathion</li> <li>• Dichlorvos</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Tebufenozide</li> <li>• EPN</li> <li>• Phenthoate</li> <li>• Phorate</li> <li>• BP</li> <li>• Azocyclotin</li> <li>• Acephate</li> <li>• Trichlorfon</li> <li>• Fenitrothion</li> <li>• Chlorpyrifos-methyl</li> <li>• Bifenthrin</li> <li>• Tralomethrin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Molinate</li> <li>• Linuron</li> <li>• Fluazifop-p-butyl</li> <li>• Bentazone</li> <li>• Ethalfuralin</li> <li>• Glufosinate ammonium</li> <li>• Dicamba</li> <li>• Pyriproxyfen</li> <li>• Oxadiazon</li> <li>• MCPP</li> <li>• Flufenacet</li> <li>• MCPB</li> <li>• Flumioxazin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Thiram</li> <li>• Chlorothalonil</li> <li>• Captan</li> <li>• Folpet</li> <li>• Cyprodinil</li> <li>• Carboxin</li> <li>• Safrole</li> <li>• Propiconazole</li> <li>• Cymoxanil</li> <li>• Azoxystrobin</li> <li>• Acibenzolar-s-methyl</li> <li>• Dimethomorph</li> <li>• Kresoxim methyl</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chlorpropham</li> <li>• 4-cpa</li> </ul>

Figure 11. Integrated priority ranking according to pesticide purpose

(다) 불확실성 분석

참고적으로 상위 15순위내의 농약에 대한 자료 결손으로 인한 불확실성 점수를 산출한 결과, 두 가지 경우 모두 BP, Chlorothalonil, Molinate, Azocyclotin, EPN 등이 불확실성 점수가 대체로 높았다. 이는 자료에 대한 불확실성이 감소되는 경우에 순위의 변화가 있을 수 있다는 것을 보여주지만, 우선 순위를 집락 (우선순위가 높은, 보통 또는 낮은 그룹)로 표현하는 경우, 이들 불확실성들을 다소 완충할 수 있다고 판단된다.

Priority Ranking ( Integrated Risk Score-uncertainties)			
Integrated List(15)	Uncertainty I (/89.2)		Uncertainty II (/ 20)
	Endpoint	Sub-indicator	
• Parathion	6.75	1.8	4
• Dichlorvos	19.5	2.1	4
• Methidathion	19.0	2.1	7
• Tebufenozide	7.83	3.6	6
• EPN	30.4	10.8	10
• Molinate	34.1	15.6	10
• Thiram	18.0	0	4
• Chlorothalonil	35.4	14	10
• Phenthoate	25.7	10.8	10
• Phorate	24.7	7.5	9
• BP	46.8	46.8	16
• Azocyclotin	32.7	25.2	12
• Acephate	22.5	2.0	10
• Linuron	13.1	6.0	7
• Trichlorfon	21.3	5.1	9

Figure 12. Uncertainty score of Top 15 pesticides

다. 개별 우선 순위

1) 인체 위해

인체 위해에 대한 우선 순위는 통합 우선 순위와 비교할 때, Ethalfluralin과 Captan을 제외하고 모두 통합 우선 순위(상위 15 순위)내에 포함된 물질이다. 인체 독성 순위를 보면 통합 순위에 포함된 7종 이외의 물질로는 Fluazifop-*p*-butyl, Ethalfluralin, Folpet, Cyprodinil, Carboxin, Phosmet, Pymetrozine, Chlorpropham이 15순위내에 포함되었다. 여기서 Fluazifop-*p*-butyl, Ethalfluralin, Folpet, Cyprodinil은 20순위 내외에 있는 물질이고, Carboxin, Phosmet, Pymetrozine, Chlorpropham은 30순위 이후의 물질이지만, Carboxin은 급성 및 만성 독성에서, Chlorpropham은 급성독성에서 Phosmet과 Pymetrozine은 만성독성과 기타 독성에서 15순위내에 포함된 물질이었다.

따라서 통합 우선 순위는 인체 위해 우선 순위를 잘 반영하고 있고, 개별 독성에 대한 우선 순위는 사용자의 특정 목적에 따라 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 예를 들어 농약 사용 후, 매체로 분포되어 일반 인구집단에 간접 노출되는 경우는 통합 순위가 중요하지만, 농약을 직접 사용하는 농부의 경우는 재배작물에 적용한 농약 량도 중요하지만, 급성·만성 독성을 포함하는 독성 지표에 대한 우선 순위가 중요한 근거 자료로도 활용될 수 있다.

Priority Ranking ( Separated Risk Score-human )				
Integration	Human risk	Toxicity	Acute Tox.	Chronic Tox.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parathion</li> <li>• Dichlorvos</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Tebufenozide</li> <li>• EPN</li> <li>• Molinate</li> <li>• Thiram</li> <li>• Chlorothalonil</li> <li>• Phenthoate</li> <li>• Phorate</li> <li>• BP</li> <li>• Azocyclotin</li> <li>• Acephate</li> <li>• Linuron</li> <li>• Trichlorfon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parathion</li> <li>• Dichlorvos</li> <li>• BP</li> <li>• Chlorothalonil</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Tebufenozide</li> <li>• Linuron</li> <li>• Acephate</li> <li>• Thiram</li> <li>• Phorate</li> <li>• Azocyclotin</li> <li>• EPN</li> <li>• Ethalfluralin</li> <li>• Trichlorfon</li> <li>• Captan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parathion</li> <li>• Dichlorvos</li> <li>• Thiram</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Acephate</li> <li>• Pymetrozine</li> <li>• Linuron</li> <li>• Folpet</li> <li>• Carboxin</li> <li>• Ethalfluralin</li> <li>• Cyprodinil</li> <li>• Fluazifop-P-butyl</li> <li>• Phosmet</li> <li>• Chlorpropham</li> <li>• Azocyclotin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parathion</li> <li>• Dichlorvos</li> <li>• Folpet</li> <li>• Carboxin</li> <li>• Ethalfluralin</li> <li>• Chlorpropham</li> <li>• Phorate</li> <li>• Thiodicarb</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Linuron</li> <li>• Azocyclotin</li> <li>• EPN</li> <li>• Thiram</li> <li>• Acephate</li> <li>• Cyprodinil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parathion</li> <li>• Dichlorvos</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Acephate</li> <li>• Tebufenozide</li> <li>• Thiram</li> <li>• Azocyclotin</li> <li>• Fluazifop-P-butyl</li> <li>• Cyprodinil</li> <li>• Carboxin</li> <li>• Propiconazole</li> <li>• Phosmet</li> <li>• Pymetrozine</li> </ul>

Figure 13. Priority rankings based on human risk, acute and chronic toxicity

그리고 발암성의 경우는, 통합순위와 비교할 때, 15순위내에 들지 않는 물질로는 Folpet, Safrole과 MCP가 발암성 지표가 기타 지표보다 중요한 경우, 활용될 수 있다. 발암성에서 2점 이하(발암성에 대한 자료가 없는 경우)를 받은 물질은 열거하지 않았다. 기타 독성의 경우는 Captan, Fluazifop-*p*-butyl, Fenitrothion, Ethalfluralin, Cyprodinil은 20순위 내외에 있는 물질이고, 나머지 Pymetrozine은 5가지 기타 독성 지표에서 모두 양성반응자료가 보고되었고, Fipronil은 생식독성, 발육독성과 신경독성에서

양성반응을, Bifenazate와 Pyriproxyfen은 돌연변이원성, 생식독성과 발육독성에서 양성 반응이 보고된 물질로 우선 순위에 포함되었다.

Priority Ranking ( Separated Risk Score-human )			
Integration	Human risk	Carcinogenicity	Other Toxicity
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parathion</li> <li>• Dichlorovos</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Tebufenozide</li> <li>• EPN</li> <li>• Molinate</li> <li>• Thiram</li> <li>• Chlorothalonil</li> <li>• Phenthoate</li> <li>• Phorate</li> <li>• BP</li> <li>• Azocyclotin</li> <li>• Acephate</li> <li>• Linuron</li> <li>• Trichlorfon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parathion</li> <li>• Dichlorovos</li> <li>• BP</li> <li>• Chlorothalonil</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Tebufenozide</li> <li>• Linuron</li> <li>• Acephate</li> <li>• Thiram</li> <li>• Phorate</li> <li>• Azocyclotin</li> <li>• EPN</li> <li>• Ethalfuralin</li> <li>• Trichlorfon</li> <li>• Captan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dichlorvos</li> <li>• Chlorothalonil</li> <li>• BP</li> <li>• Folpet</li> <li>• Safrole</li> <li>• Parathion</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Acephate</li> <li>• Linuron</li> <li>• MCPP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parathion</li> <li>• Pymetrozine</li> <li>• Thiram</li> <li>• Linuron</li> <li>• Fenitrothion</li> <li>• Bifenazate</li> <li>• Pyriproxyfen</li> <li>• Fipronil</li> <li>• Dichlorvos</li> <li>• Chlorothalonil</li> <li>• Trichlorfon</li> <li>• Captan</li> <li>• Ethalfuralin</li> <li>• Fluzifop-P-butyl</li> <li>• Cyprodinil</li> </ul>

Figure 14. Priority rankings based on human risk, carcinogenicity and other toxicity

2) 생태 위해

생태 위해에 대한 우선 순위를 통합 우선 순위와 비교할 때, Captan, Fluzifop-p-butyl, Bentazone을 제외한 12종이 모두 통합 우선 순위(상위 15 순위)내에 포함된 물질이다. 여기서 이들 3가지 농약은 모두 20순위 내에 포함된 물질들이다.

Priority Ranking ( Separated Risk Score-Eco )				
Integration	Eco-Risk	Aquatic-Risk	Aquatic Acute Tox.	Aquatic Chronic Tox.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parathion</li> <li>• Dichlorovos</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Tebufenozide</li> <li>• EPN</li> <li>• Molinate</li> <li>• Thiram</li> <li>• Chlorothalonil</li> <li>• Phenthoate</li> <li>• Phorate</li> <li>• BP</li> <li>• Azocyclotin</li> <li>• Acephate</li> <li>• Linuron</li> <li>• Trichlorfon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parathion</li> <li>• Dichlorovos</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Molinate</li> <li>• EPN</li> <li>• Tebufenozide</li> <li>• Phenthoate</li> <li>• Thiram</li> <li>• Phorate</li> <li>• Trichlorfon</li> <li>• Azocyclotin</li> <li>• Captan</li> <li>• Fluzifop-p-butyl</li> <li>• Bentazone</li> <li>• Acephate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Molinate</li> <li>• EPN</li> <li>• Phenthoate</li> <li>• Dichlorvos</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Thiram</li> <li>• Parathion</li> <li>• Trichlorfon</li> <li>• Captan</li> <li>• Fenitrothion</li> <li>• Phorate</li> <li>• Acephate</li> <li>• Phosalone</li> <li>• Glufosinate ammonium</li> <li>• Dicamba</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parathion</li> <li>• Bifenthrin</li> <li>• Tralomethrin</li> <li>• Pyridaben</li> <li>• Phorate</li> <li>• Fenitrothion</li> <li>• EPN</li> <li>• Cyprodinil</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Captan</li> <li>• Pyriproxyfen</li> <li>• Phosalone</li> <li>• Phenthoate</li> <li>• Dichlorvos</li> <li>• Kresoxim methyl</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Thiram</li> <li>• Phosalone</li> <li>• Propiconazole</li> <li>• Kresoxim methyl</li> </ul>

Figure 15. Priority rankings based on ecological risk and aquatic acute and chronic toxicity



수생 생태 위해 순위 역시 Capan, Fenitrothion과 Glufosinate ammonium는 통합 순위 20순위내외에 있는 물질이고, Phosalone은 수생 급성 및 만성 독성의 15순위내에 있는 물질이다. 그리고 수생 급성 독성 및 만성 독성의 순위는 표 에 제시하였다. 수생 만성 독성 순위의 경우는 조사된 자료가 없기 때문에, 불확실성이 크다고 할 수 있다.

Priority Ranking ( Separated Risk Score-Eco)				
Integration	Eco-Risk	Terrestrial-Risk	Terrestrial Acute Tox.	Terrestrial Chronic Tox.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parathion</li> <li>• Dichlorovos</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Tebufenozide</li> <li>• EPN</li> <li>• Molinate</li> <li>• Thiram</li> <li>• Chlorothalonil</li> <li>• Phenthoate</li> <li>• Phorate</li> <li>• BP</li> <li>• Azocyclotin</li> <li>• Acephate</li> <li>• Linuron</li> <li>• Trichlorfon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parathion</li> <li>• Dichlorovos</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Molinate</li> <li>• EPN</li> <li>• Tebufenozide</li> <li>• Phenthoate</li> <li>• Thiram</li> <li>• Phorate</li> <li>• Trichlorfon</li> <li>• Azocyclotin</li> <li>• Captan</li> <li>• Fluazifop-p-butyl</li> <li>• Bentazone</li> <li>• Acephate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parathion</li> <li>• Tebufenozide</li> <li>• Dichlorvos</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Azocyclotin</li> <li>• EPN</li> <li>• Phorate</li> <li>• Fluazifop-p-butyl</li> <li>• Molinate</li> <li>• Phenthoate</li> <li>• Ethalfluralin</li> <li>• Chlorpyrifos-methyl</li> <li>• Thiram</li> <li>• Linuron</li> <li>• Bentazone</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parathion</li> <li>• Dichlorvos</li> <li>• Folpet</li> <li>• Carboxin</li> <li>• Ethalfluralin</li> <li>• Chlorpropham</li> <li>• Phorate</li> <li>• Thiodicarb</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Linuron</li> <li>• Azocyclotin</li> <li>• EPN</li> <li>• Thiram</li> <li>• Acephate</li> <li>• Cyprodinil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parathion</li> <li>• Dichlorvos</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Acephate</li> <li>• Thiram</li> <li>• Propiconazole</li> <li>• Fluazifop-P-butyl</li> <li>• Cyprodinil</li> <li>• Phosmet</li> <li>• Tebufenozide</li> <li>• Carboxin</li> <li>• Azocyclotin</li> <li>• Pymetrozine</li> </ul>

Figure 16. Priority rankings based on ecological risk and terrestrial acute and chronic toxicity

육상 생태 위해 순위는 Fluazifop-p-butyl, Ethalfluralin, chlorpyrifos-methyl 및 Bentazone을 제외한 11종이 모두 통합 우선 순위(상위 15 순위)내에 포함된 물질로서 비교적 통합 우선 순위와 잘 일치하는 결과를 보이고 있다. 통합 순위에서 제외한 생태 독성이 높은 물질, 이들 4가지 농약들은 모두 20순위 내외에 포함된 물질들이다. 그리고 육상 생태 급성 독성 및 만성 독성의 순위는 Figure 16에 제시하였다.

### 3) 노출 위해

노출 위해에 대한 우선 순위를 통합 우선 순위와 비교할 때, chlorpyrifos-methyl, Captan, Bentazone을 제외한 12종이 모두 통합 우선 순위(상위 15 순위)내에 포함된 물질이다. 여기서 chlorpyrifos-methyl, Captan 및 Bentazone은 각각 통합순위에서 26순위, 16순위와 22순위로 분류된 농약들이다.

잔류성과 생체 농축성을 합한 점수에 대한 순위를 통합 우선 순위와 비교할 때, 통합 순위에 포함된 8종이외에 Tralomethrin, Bifenthrin, Propiconazole, Pyridaben, Fluazifop-p-butyl, Chlorpropham, chlorpyrifos-methyl이 우선 순위에 포함되었다.

육상이나 수계로으로 배출량에 대한 우선순위는 Figure 17과 같다. 여기서 Oxadiazone 같은 농약은 육상 및 수계에서 모두 15 순위내에 들었지만, 출하량을 이용

한 배출량에 대한 정보를 제외하고 독성 정보가 없어서 통합순위는 37순위에 열거되었다. 따라서 이러한 환경으로의 배출이 우려되는 물질에 대한 독성 실험 자료가 요구되는 실정이다. 또한 인체 노출의 지표로 삼는 출하량의 우선 순위 목록은 통합 우선 순위에 포함되는 물질이외에 Glufosinate ammonium, Captan, Fenitrothion, Bentazone, Folpet 등의 상위 15순위에 포함되었다. 이들 물질 역시 통합순위의 20순위내외에 있는 물질들이다.

Priority Ranking ( Separated Risk Score-Exposure)					
Integration	Exposure	Persistent + Bioaccumulation	Release		Amount of forwarding in Market
			Terre.	water	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parathion</li> <li>• Dichlorvos</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Tebufenozide</li> <li>• EPN</li> <li>• Molinate</li> <li>• Thiram</li> <li>• Chlorothalonil</li> <li>• Phenthoate</li> <li>• Phorate</li> <li>• BP</li> <li>• Azocyclotin</li> <li>• Acephate</li> <li>• Linuron</li> <li>• Trichlorfon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BP</li> <li>• Chlorothalonil</li> <li>• Parathion</li> <li>• Molinate</li> <li>• Tebufenozide</li> <li>• EPN</li> <li>• Phenthoate</li> <li>• Chlorpyrifos-methyl</li> <li>• Dichlorvos</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Phorate</li> <li>• Captan</li> <li>• Fenitrothion</li> <li>• Bentazone</li> <li>• Linuron</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BP</li> <li>• Parathion</li> <li>• Tebufenozide</li> <li>• Tralomethrin</li> <li>• Bifenthrin</li> <li>• Propiconazole</li> <li>• Chlorothalonil</li> <li>• Pyridaben</li> <li>• Fluazifop-P-butyl</li> <li>• Chlorpropham</li> <li>• Molinate</li> <li>• EPN</li> <li>• Phenthoate</li> <li>• Chlorpyrifos-methyl</li> <li>• Linuron</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BP</li> <li>• Chlorothalonil</li> <li>• Parathion</li> <li>• Tebufenozide</li> <li>• Molinate</li> <li>• EPN</li> <li>• Phenthoate</li> <li>• Chlorpyrifos-methyl</li> <li>• Fenitrothion</li> <li>• Bentazone</li> <li>• Oxadiazon</li> <li>• Tralomethrin</li> <li>• Bifenthrin</li> <li>• Phorate</li> <li>• Captan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BP</li> <li>• Molinate</li> <li>• Chlorothalonil</li> <li>• EPN</li> <li>• Phenthoate</li> <li>• Bentazone</li> <li>• Dichlorvos</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Parathion</li> <li>• Fenitrothion</li> <li>• Captan</li> <li>• Trichlorfon</li> <li>• Chlorpyrifos-methyl</li> <li>• Oxadiazon</li> <li>• Phorate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Molinate</li> <li>• Chlorothalonil</li> <li>• BP</li> <li>• Dichlorvos</li> <li>• Methidathion</li> <li>• Phorate</li> <li>• EPN</li> <li>• Phenthoate</li> <li>• Glufosinate ammonium</li> <li>• Captan</li> <li>• Acephate</li> <li>• Fenitrothion</li> <li>• Bentazone</li> <li>• Folpet</li> <li>• Parathion</li> </ul>

Figure 17. Priority rankings based on exposure risk, persistent and bioaccumulation, release and amount of forwarding in market

#### 라. 통합순위에 대한 정보 비교 분석

각각의 종말점에 의거한 우선순위에서 한번이라도 상위 15순위에 오른 물질들을 모두 열거하고 각각 어떤 종말점에서 순위에 올랐는지 분석해보았다. 통합 순위에서 상위 15순위에 포함되는 물질 15종을 제외하고 28종이 각각의 종말점에서 한번이라도 상위 15순위에 포함되었다. 즉 대상 농약 52종 중 9종을 제외하고는 하나의 지표이상에서 한번이상 상위 15순위에 들었다.

### Priority Ranking ( comparative analysis )

Pesticide	Final Rank	Human Toxicity				Eco-Toxicity				Exposure			
		H. A.	H. C.	H. Car	Other	T. A.	T. C.	A. A.	A. C.	P+A	T. R.	A. R.	For.
• Parathion	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Dichlorvos	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Methidathion	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Tebufenozide	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• EPN	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Molinate	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Thiram	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Chlorothalonil	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Phenthoate	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Phorate	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• BP	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Azocyclofin	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Acephate	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Linuron	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Trichlorfon	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

• H.A : Human Acute Toxicity , H.C : Human Chronic Toxicity , H.Car : Human Carcinogenicity, Other : Human Other Toxicity  
• T.A: Terrestrial Acute Toxicity, T.C:Terrestrial Chronic Toxicity, A.A: Aquatic Acute Toxicity, A.C: Aquatic Chronic Toxicity  
• P+A: Persistent+Accumulation, T.R: Release to territory, A.R: Release to Water, For: Amount of Forwarding in Market

### Priority Ranking ( comparative analysis )

Pesticide	Final Rank	Human Toxicity				Eco-Toxicity				Exposure			
		H. A.	H. C.	H. Car	Other	T. A.	T. C.	A. A.	A. C.	P+A	T. R.	A. R.	For.
• Captan	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Fluzifop-P-butyl	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Fenitrothion	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Bensazone	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Ethafluralin	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Folpet	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Chlorpyrifos-methyl	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Glufosinate ammonium	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Cyprodinil	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Bifenthrin	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Tralomethrin	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Pyridaben	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Dicamba	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Phosalone	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

• H.A : Human Acute Toxicity , H.C : Human Chronic Toxicity , H.Car : Human Carcinogenicity, Other : Human Other Toxicity  
• T.A: Terrestrial Acute Toxicity, T.C:Terrestrial Chronic Toxicity, A.A: Aquatic Acute Toxicity, A.C: Aquatic Chronic Toxicity  
• P+A: Persistent+Accumulation, T.R: Release to territory, A.R: Release to Water, For: Amount of Forwarding in Market

### Priority Ranking ( comparative analysis )

Pesticide	Final Rank	Human Toxicity				Eco-Toxicity				Exposure			
		H. A.	H. C.	H. Car	Other	T. A.	T. C.	A. A.	A. C.	P+A	T. R.	A. R.	For.
• Carboxin	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Saflorol	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Propiconazole	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Bifenazate	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Pyriproxyfen	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Flpronil	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Phosmet	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Oxadiazon	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Cymoxanil	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Thiodicarb	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Pymetrozine	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• MCPP	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Chlorpropham	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
• Kresoxim methyl	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

• H.A : Human Acute Toxicity , H.C : Human Chronic Toxicity , H.Car : Human Carcinogenicity, Other : Human Other Toxicity  
• T.A: Terrestrial Acute Toxicity, T.C:Terrestrial Chronic Toxicity, A.A: Aquatic Acute Toxicity, A.C: Aquatic Chronic Toxicity  
• P+A: Persistent+Accumulation, T.R: Release to territory, A.R: Release to Water, For: Amount of Forwarding in Market

## 라. 요약

통합 순위 목록과 여러 가지 지표에 의거한 개별순위 목록을 비교한 결과, 전반적으로 통합 순위 목록과 잘 일치하고 있었다. 또한 각각의 개별 순위 목록은 세부적인 목적에 따라, 충분히 활용될 수 있다.

이 연구에서는 EDCs에 포함되는 농약에 대해서는 우선 순위 목록(Priority List 2)을 분리하여 제시하였다. 이미 이들 물질은 국책 사업으로 충분한 관심을 가지고 연구가 진행되고 있기 때문에 현재 사용중인 농약을 중심으로 우선 순위 목록(Priority List 1)을 작성하고 분석하였다.

자료의 결손이 크면 클 수록, 우선 순위 결과에 대한 불확실성도 커진다. 따라서 이들 자료의 결손을 합리적인 방법으로 채워나가는 것이 매우 시급한 과제이다. 그러나 이들 자료의 결손이 채워지면 일부 농약의 경우는 순위가 변할 수도 있지만, 크게 일정한 범위 밖으로는 이탈하지 않은 것으로 생각된다.

따라서 통합 우선 순위중 1~20순위를 우선적으로 관심을 가지고 관리해야 할 물질(high priority)로 구분하고, 그 다음으로는 21~40순위를 그 다음으로 관심을 가지고 관리해야 할 물질(Medium priority)로서, 나머지 물질을 Low priority물질(41~52순위)로 분류할 수 있다(Figure 2 참조). 여기서 Low는 이들 물질에 대한 위험성이 낮다는 것을 의미하는 것이 아니고 상대적으로 High 보다 낮다는 의미이다.

## 4. 결론

현재 농약은 여러 부서에서 각 부서에 법령에 따라, 등록되거나 금지 혹은 규제되고 있다. 예를들어 농약 생산과 관련된 작업장의 경우는 노동부 산업안전보건법에 의해, 농약 생산 및 수입과 관련해서는 농림부의 농약관리법에 의해, 식품의 잔류 농약에 대해서는 식품의약품 안전처 식품 위생법에 의해 관리되고 있다. 농약 사용으로 인한 매체 오염에 대해서는 환경부 화학물질관리법에 사용금지, 취급제한, 유독물 지정으로 관리하고 있고, 이중 EDCs 농약 물질은 국가 사업의 한 축을 이루고 있다(Appendix 1).

그러나 현재 사용되는 농약의 경우, 매체간 이동, 매체내 오염 수준이나 노출에 따른 위해성에 대한 정보는 거의 없다고 할 수 있다. 일부 사용되는 농약이 유독물로만 지정되어있지, 실제 적절한 관리대책이 없는 실정이다.

따라서 이들 농약에 대한 환경중 거동이나 환경중 농도 분포에 대한 조사가 필요하고, 이에 선행하여 관리 우선 순위 선정을 위한 독성 및 노출에 대한 데이터 베이스 구축이 가장 시급한 과제이다. 또한 부서간 협의를 통해 농약에 대한 정보를 공유하고 통합관리에 대한 합의가 필요한 시점이라 생각된다.

## 참고문헌

1. 농약공업협회, 2003, 농약연보
2. 농약공업협회, 2002, 농약사용지침서
3. 환경부, 2002, 내분비계 장애물질 홈페이지(<http://kcic.nier.go.kr/edinex.html>)
4. HSDB(Hazardous Substances Data Bank), 2003, <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>
5. EU(European Union), 1996, IUCLID(International Uniform Chemical Information Database)
6. US EPA IRIS, 2003, [www.epa.gov/iris](http://www.epa.gov/iris)
7. Allan S.Felsot, 2002, Web resources for pesticide toxicology, environmental chemistry, and policy: a utilitarian perspective
8. Hansen B.G., Haelst A.L. et al. 1999, Priority setting for existing chemicals: The European Union risk ranking method. Environmental Toxicity and chemistry 18: 772~779
9. US EPA, 1994, Chemical hazard evaluation for management strategies; A method for ranking and scoring chemicals by potential human health and environmental impacts
10. Erin M.S., Shane A.S., John P.G. et al. 2000, SCRAM : A Scoring and Ranking System for Persistent, Bioaccumulative, and Toxic Substances for the North American Great Lakes - Part I : Structure of the Scoring and Ranking System, Environmental Science and Pollution Research 7(1): 1~11
11. Mary B.S. and Adam C.S. 1997, Chemical ranking and scoring : Guidelines for relative assessment of chemicals. SETAC press

Appendix 1. Pesticides from each management sector

영문명	구분			화학물질관리법					농약관리법	산업안전보건법	식품위생법
	POPs	Eds	용도	사용금지	취급제한	유독물	미규제	유동사례 無	품목폐지	유해물질	잔류허용 기준설정
2,4,5-T		○	제초제	○					○	○	
2,4-D		○	제초제		○	○					○
Alachlor		○	제초제		○						○
Aldicarb		○	살충제	○					○		○
Amitrole		○	제초제	○		○			○	○	
Atrazine		○	제초제				○	○		○	
Benomyl		○	살균제		○					○	○
beta-HCH		○	살충제	○					○		
Carbaryl		○	살충제		○	○				○	○
Chlordane	○	○	살충제	○					○	○	○
Cypermethrin		○	살충제		○	○					○
DBCP		○	살충제	○					○		
DDT	○	○	살충제	○					○	○	○
Dicofol		○	살충제		○	○					○
Dieldrin	○	○	살충제	○					○	○	○
Endosulfan		○	살충제		○					○	○
Esfenvalerate		○	살충제		○						
Ethylparathion		○	살충제		○						
Fenvalerate		○	살충제		○	○					○
Heptachlor	○	○	살충제	○					○	○	○
Hexachlorobenzene	○	○	살균제				○	○			
Kepone		○	살충제				○	○			
Lindane		○	살충제	○					○	○	
Malathion		○	살충제		○	○				○	○
Mancozeb		○	살균제		○						
Maneb		○	살균제	○					○		
Methomyl		○	살충제		○	○				○	○
Methoxychlor		○	살충제			○	○	○		○	○
Metiram		○	살균제		○						
Metribuzin		○	제초제		○					○	○
Mirex	○	○	살충제				○	○			
Nitrofen		○	제초제	○		○			○		
PCP		○	살균제	○					○	○	
Permethrin		○	살충제		○						○
Toxaphene	○	○	살충제	○					○	○	
Transnonchlor		○	살충제				○	○			
Trifluralin		○	제초제		○						○
Vinclozolin		○	살균제		○						○
Zineb		○	살균제	○					○		
Ziram		○	살균제		○	○					
4-cpa			성장억제제								
Acephate			살충제								○
Acibenzolar-s-methyl			살균제								○
Azocyclotin			살충제			○					○
Azoxystrobin			살균제								○
Bentazone			제초제								○
Bifenazate			살충제								
Bifenthrin			살충제								○
BP			살충제								
Captan			살균제			○					○
Carboxin			살균제								○
Chlorothalonil			살균제			○					○
Chlorpropham			성장억제제								○
Chlorpyrifos-methyl			살충제								○

(계 속)

영문명	구분			화학물질관리법					농약관리법	산업안전보건법	식품위생법
	POPs	Eds	용도	사용금지	취급제한	유독물	미규제	유통사해 無	품목폐지	유해물질	진료허용 기준설정
Cymoxanil			살균제								○
Cyprodinil			살균제			○					○
Dicamba			제초제								○
Dichlorvos			살충제			○			○		○
Dimethomorph			살균제								○
EPN			살충제			○					○
Ethalfuralin			제초제								○
Fenitrothion			살충제			○					○
Fenoxycarb			살충제								○
Fipronil			살충제			○					○
Fluazifop-P-butyl			제초제								○
Flufenacet			제초제								○
Flumioxazin			제초제								○
Folpet			살균제			○					○
Glufosinate ammonium			제초제								○
Kresoxim methyl			살균제								○
Linuron			제초제			○					○
MCPB			제초제								○
MCPP			제초제								○
Methodathion			살충제			○					○
Molinate			제초제			○					○
Oxadiazon			제초제								○
Parathion			살충제			○			○		○
Phenthoate			살충제			○					○
Phorate			살충제			○					○
Phosalone			살충제			○					○
Phosmet			살충제			○					○
Propiconazole			살균제								○
Pymetrozine			살충제								○
Pyridaben			살충제			○					○
Pyriproxyfen			제초제								○
Safrole			살균제								○
Tebufenozide			살충제								○
Teflubenzuron			살충제								○
Thiodicarb			살충제			○					○
Thiram			살균제			○					○
Tralomethrin			살충제			○					○
Trichlorfon			살충제			○					○
개 수	7	40	0	15	19	33	6	6	17	17	65

sources : 환경부 ([www.me.go.kr](http://www.me.go.kr)) (화학물질 취급제한, 금지목록)  
 환경부 내분비계장애물질관련 사이트 ([www.me.go.kr/deptdata/200007/19163443/내분비계장애물질이란.htm](http://www.me.go.kr/deptdata/200007/19163443/내분비계장애물질이란.htm))  
 농약공업협회 ([www.koreacpa.org](http://www.koreacpa.org))  
 그린넷즈 ([www.greennets.co.kr/news/lib111.htm](http://www.greennets.co.kr/news/lib111.htm))  
 식품의약품안전청 ([www.kfda.go.kr](http://www.kfda.go.kr)) (농약잔류허용기준)