

한국식품 중 잔류농약의 종양유발성 평가

이미경 · 이서래

이화여자대학교 식품영양학과

Assessment of Oncogenicity from Pesticide Residues in Korean Foods

Mi-Gyung Lee and Su-Rae Lee

Department of Food and Nutrition, Ewha Woman's University

Abstract

Dietary intake and oncogenic risk of 12 pesticides used in Korea whose oncogenic potency was known were assessed from published data. Dietary oncogenic risk (excess tumor incidence for a 70-year human life span) for Korean population was estimated to be 2.17×10^{-3} on the basis of legal maximum residue limit, 4.33×10^{-5} on the basis of maximum practical residue level and 5.10×10^{-6} on the basis of mean practical residue level of examined pesticides, all of which exceeded the negligible risk standard 1×10^{-6} of US EPA. A systematic follow-up study on those oncogenic pesticides should be undertaken in order to mitigate the people's worry about the cancer risk by the abuse of pesticides in food production.

Key words: oncogenic risk, pesticide residue, Korean foods

서 론

현대사회에서 암은 사망원인의 1/4을 차지하고 있고 암의 원인으로는 화학물질이 가장 중요한 요인으로 간주되고 있다. 발암성 물질은 식품이나 환경에 오염되어 인체에 노출되며 식품의 안전성 관리측면에서 관심의 초점이 되고 있다. 일찌기 미국에서는 Delaney 항암단서에 의하여 식품중 발암물질을 무조건 유해한 것으로 간주하여 규제하는 방향으로 움직여 왔으며 세계의 많은 나라가 이에 따라 왔다⁽¹⁾. 그런데 근래에 들어와 독성시험 및 화학분석의 기법이 고도화됨에 따라 극미량으로 존재하는 발암성 물질의 검출이 가능해졌고 그로 인해 "영허용량(zero tolerance)"을 원칙으로 하는 발암성물질의 법적 규제가 현실적으로 한계에 부딪히게 되었다.

최근 식품의 안전성 관리에서 발암성 평가(carcinogen risk assessment)는 미국에서 시작된 정량적 위해평가(quantitative risk assessment)에 의하여 많은 진전을 가져왔고 그 결과는 이미유해 화학물질의 법적 규제에 활용되고 있다⁽²⁻⁴⁾. 한편 발암성(carcinogenicity)에 대한 시험평가에는 막대한 경비와 시간이 소요되므로 발암성의 전단계 시험으로 종양유발성(oncogenicity)이나 돌연변이 유발성(mutagenicity) 시험을 수행하여 발암성 물질의 사전규제에 대처하고 있다. 그 예로서 미국 EPA

에서는 농약과 같은 화학물질의 출하전 승인을 위한 시험항목으로 종양유발성 평가를 실시하여 그 결과를 법적 규제에 반영하고 있다⁽⁵⁻⁷⁾. 즉 종양유발성 평가를 실시하여 무시될 수 있는 위험기준(1×10^{-6})에 의하여 위해성을 평가한 연후에 농약의 사용허가와 허용기준치를 결정함으로써 발암성 논쟁을 사전에 예방하고 있다. 그런데도 식품 중 잔류농약의 위해성에 대한 미국 소비자들의 불안은 여전히 해소되지 못하고 있는 실정이다.

한편 국내에서도 발암성 농약에 대한 국민들의 불안과 그에 대한 안전성 확보를 위한 요구는 끊이지 않고 있다. 이러한 상황에서 최근 규제기관에서는 국제적인 Codex 규격기준에 근거하여 식품중 잔류농약의 법적기준을 대폭적으로 추가 및 확대해 나가고 있으며 이 과정에서 종양유발성 농약에 대한 위해성은 전혀 고려되지 못하고 있다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 사용되고 있는 농약 성분 중 종양유발지수(oncogenic potency)가 알려진 몇 가지 농약성분에 대하여 한국인에 의한 식이섭취 가능량을 계산한 다음 종양유발성을 평가하였다. 여기에서 농약잔류량은 법적 허용기준치와 실제 잔류치를 각각 이용하였고, 식품계수는 1986~90년 한국인 표준치를 사용하였다. 이러한 시도는 식품 중 잔류농약에 의한 종양유발 가능성을 예측함으로써 발암성 농약에 대한 노출을 억제하는 동시에 식량생산에 필요한 농약의 합리적 규제를 유도하는데 일익을 담당할 수 있을 것으로 판단된다.

Corresponding author: Su-Rae Lee, Department of Food and Nutrition, Ewha Woman's University, Seodaemun-gu, Seoul 120-750, Korea

자료 및 방법

식품별 잔류농약 자료

우리나라의 농약잔류 허용기준(Korea MRL)은 1995년 1월 현재 보건복지부에서 고시한 자료를 이용하였다⁽⁸⁾. 실제적인 농약잔류량은 국내에서 잔류농약 분석업무를 계속적으로 실시하여 분석관리계획(analytical quality control)이 검증된 공공기관의 분석결과만을 이용하였다⁽⁹⁻²³⁾. 즉 1986~93년 사이에 발표된 조사보고 중에서 식품종류별 농약성분의 최고잔류량과 평균잔류량을 산정하였다. 이때 잔류량은 분석시료수에는 관계없이 각 보고서를 한 단위로 식품 항목별로 평균값을 얻고 여러 보고서에서의 값을 다시 평균하여 채택하였다.

농약의 식이섭취량 계산

한국인에 의한 1인당 1일 식품 소비량은 1986~90년 사이의 표준화된 식품계수를 이용하였다⁽²⁴⁾. 개별 농약성분의 1인당 1일 섭취량은 식품별 농약잔류 허용기준(MRL) 또는 실제 잔류량(monitored residue data)에 해당식품의 1인당 1일 식품계수를 곱한 다음 식품군별 섭취량을 합산하였다.

농약의 종양유발성 평가

식품섭취에 따른 종양유발 가능성은 한국인에 의한 농약의 식이섭취량에 미국 EPA의 농약성분별 종양유발지수(oncogenic potency, Q*)⁽⁶⁾를 곱하여 다음과 같이 산출하였다. 한국인의 평균체중은 55 kg으로 간주하였다.

Dietary oncogenic risk

$$= \text{excess tumor incidence for a 70-year human life span}$$

$$= \text{dietary exposure} \times \text{oncogenic potency}$$

Dietary exposure

$$= \sum (\text{food factor} \times \text{pesticide residue data or Korea MRL})$$

$$= \text{mg pesticide/person}(55 \text{ kg bw})/\text{day}$$

$$\rightarrow \text{mg pesticide/kg bw/day}$$

Oncogenic potency(Q*)

$$= \text{excess tumor incidence for a 70-year human life span per unit dose (mg pesticide/kg bw/day)}$$

$$= \text{number of tumors/mg pesticide/kg bw/day}$$

결과 및 고찰

농약잔류 허용기준에 의한 종양유발성 평가

화학물질의 발암성이 알려졌을 때는 그의 안전관리에 철저를 기하게 되며 더우기 이들 물질이 인체에 노출될 염려가 있을 때 즉 식품에 오염되었을 때는 그 물질의 사용을 금지시키거나 경비가 막대하게 소요되는 정량적 위해평가를 실시하여 보수적인 규제조치를 취하는 것이 국제적인 추세로 되어있다. 그리하여 본 연구에서는 종양유발지수(oncogenic potency, Q*값)가 알려진 농약성분중 국내에서 사용되면서 식품중 잔류허용기준이 설정된 농약에 대하여 종양유발 가능성을 산정하였다.

평가대상이 된 12개 농약성분에 대하여 농약잔류량으로 법적기준치를 이용하여 식품군별 농약잔류분의 이론적 최대섭취량을 계산한 결과는 Table 1과 같다. 한편 종양유발 가능성을 평가한 결과는 Table 2와 같으며 EPA의 무시될 수 있는 위험기준(negligible risk standard; 70년 평생을 걸쳐 인구 100만명당 1명의 부가적 암 발생률)을 초과하는 농약은 10개 성분에 이르렀다. 이들 초과농약은 인구 100만명당 6~1060명이라는 높은 종양유발 가능성을 나타내었으며 평가가 이루어진 12개 농약성분에 대한 종양유발성 합계는 100만명당 2,170명

Table 1. Theoretical maximum daily intake of oncogenic pesticides by food group in Korea (µg/person/day)¹⁾

Pesticide	Cereals	Potatoes	Legumes	Nuts	Fruits	Vegetables	TOTAL
Acephate	14.0	14.4	13.0	0.6	118.3	819.5	981.0
Azinphos-methyl	51.7	1.9	3.4	0.1	78.2	85.1	220.5
Benomyl	39.7	-	3.4	0.2	68.3	42.9	154.6
Captafol	-	7.2	13.9	0.03	268.1	89.6	378.9
Captan	321.5	-	42.5	1.6	386.5	532.3	1284.4
Chlorothalonil	87.2	1.4	4.5	0.01	148.3	76.9	318.4
Cypermethrin	349.2	1.2	0.9	0.7	177.8	1004.3	1534.2
Folpet	-	-	-	-	266.5	204.7	471.2
Glyphosate	506.5	4.8	87.9	1.3	22.7	63.5	687.1
o-Phenylphenol	-	142.5	-	-	1415.3	231.0	1788.8
Parathion	60.6	2.5	2.3	0.2	28.4	76.4	171.2
Permethrin	840.6	1.0	1.1	19.2	206.7	863.4	1934.8
Total	2271.0	176.9	172.9	23.9	3185.3	4089.6	9925.7

¹⁾TOTAL includes pesticide intake by the named food groups and others.

Table 2. Estimation of dietary oncogenic risk from MRL of pesticides used in Korea

Pesticide	Oncogenic potency ¹⁾ (tumors/mg/kg/day)	Dietary exposure ²⁾ (mg/kg/day)	Oncogenic risk ³⁾
Acephate	6.9×10^{-3}	1.78×10^{-2}	1.23×10^{-4}
Azinphos-methyl	1.5×10^{-7}	4.01×10^{-3}	6.02×10^{-10}
Benomyl	2.07×10^{-3}	2.81×10^{-3}	5.82×10^{-6}
Captafol	2.5×10^{-2}	6.89×10^{-3}	1.72×10^{-4}
Captan	2.3×10^{-3}	2.34×10^{-2}	5.38×10^{-5}
Chlorothalonil	2.4×10^{-2}	5.79×10^{-3}	1.39×10^{-4}
Cypermethrin	1.9×10^{-2}	2.79×10^{-2}	5.30×10^{-4}
Folpet	3.5×10^{-3}	8.57×10^{-3}	3.00×10^{-5}
Glyphosate	5.9×10^{-5}	1.25×10^{-2}	7.38×10^{-7}
o-Phenylphenol	1.57×10^{-3}	3.25×10^{-2}	5.10×10^{-5}
Parathion	1.8×10^{-3}	3.11×10^{-3}	5.60×10^{-6}
Permethrin	3.0×10^{-2}	3.52×10^{-2}	1.06×10^{-3}
Total		1.81×10^{-1}	2.17×10^{-3}

¹⁾Q*=tumors/mg pesticide/kg body weight/day

²⁾Theoretical maximum dietary intake calculated from Korea MRL×food factor as mg pesticide/kg body weight/day

³⁾Excess tumor incidence for a 70-year human life span, calculated from Q*×dietary exposure

Table 3. Comparison of dietary oncogenic risk estimates from MRL of pesticides in Korea and USA

Pesticide	Type of pesticide	Oncogenic risk Korea, $\times 10^{-6}$	Oncogenic risk USA, $\times 10^{-6}$	Wt-of-evidence classification ¹⁾
Acephate	Insecticide	123	37.3	NA
Azinphos-methyl	Insecticide	0.0006	0.0017	D
Benomyl	Fungicide	5.8	113	C
Captafol	Fungicide	172	594	B2
Captan	Fungicide	53.8	474	B2
Chlorothalonil	Fungicide-	139	237	NA
Cypermethrin	Insecticide	530	3.73	C
Folpet	Fungicide	30.0	324	B2
Glyphosate	Herbicide	0.738	0.273	C
o-Phenylphenol	Fungicide	51.0	99.9	NA
Parathion	Insecticide	5.6	14.7	C
Permethrin	Insecticide	1060	421	C
Total		2171	2319	

¹⁾EPA's classification system for carcinogens; B2 indicates a probable human carcinogen, C indicates a possible human carcinogen and D indicates not classifiable as to human carcinogenicity. NA indicates that the pesticide has not been classified by EPA.

에 이르렀다. 이러한 결과를 미국 NAS-NRC에서 실시한 평가결과와 비교해보면 Table 3에서와 같이 미국보다 높은 것이 있기도 하고 낮은 것이 있기도 하다⁵⁾. 이러한 차이는 한국과 미국간에 식품계수와 잔류허용기준이 다르기 때문에 나타난 결과이다. 최근 각 나라에서 국제적 기준인 Codex 규격기준을 채택하고 있는 점에 비추어 볼 때 지역이나 민족에 따라 유일하게 고유성을 가지는 식품계수가 위해성 평가 결과에 미치는 영향을 간과해서는 안 될 것이다.

법적 잔류기준에 근거한 계산에서는 농약의 실제적인

잔류량이나 농장에서의 사용패턴을 고려하지 않는다는 점에서 위해가능성이 과장되고 있다는 비판을 받을 수 있다. 그러나 법적 허용기준은 농산물에서 농약의 최대 잔류 가능량을 말해주는 것으로 잔류농약의 이론적 최대섭취량(theoretical maximum daily intake, TMDI)²⁵⁾에 해당되는 값을 주는 것이며 유독물질의 안전성 확보라는 점에서 예방조치를 취하기 위한 테이타로서 활용되어야 한다. 따라서 농약잔류 허용기준(MRL)의 설정시 종양 유발성 농약에 대해서는 ADI와는 별도로 종양유발 위해성을 평가한 다음 신중하게 대처해야 될 것이다.

Table 4. Estimated daily intake of oncogenic pesticides by food group in Korea ($\mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$)¹⁾

Pesticide	Cereals	Potatoes	Legumes	Nuts	Fruits	Vegetables	TOTAL
Azinphos-methyl	0	0	0	0.042	0.094	0.249	0.385
Azinphos-methyl	0	0	0	0.0086	0.029	0.110	0.147
Benomyl	4.461	0	0.026	0.003	14.049	1.870	20.409
Benomyl	0.826	0	0.0065	0.0005	0.775	0.340	1.948
Captafol	0	0.091	2.469	0	49.217	20.725	72.502
Captafol	0	0.0043	0.047	0	4.478	2.250	6.779
Captan	19.934	0.591	3.265	0.057	22.962	9.849	56.658
Captan	3.148	0.151	0.640	0.009	1.782	8.441	14.171
Chlorothalonil	0	0	0	0	11.913	3.911	15.824
Chlorothalonil	0	0	0	0	2.710	0.365	3.075
Folpet	0	0	0	0	0.729	0.127	0.856
Folpet	0	0	0	0	0.083	0.026	0.109
Parathion	0.028	0.055	1.136	0.003	1.850	1.005	4.077
Parathion	0.0056	0.0043	0.106	0.0002	0.230	0.175	0.521
o-Phenylphenol	0	0	0	0	0	0	0
o-Phenylphenol	0	0	0	0	0	0	0
Total-maximum	24.42	0.74	6.90	0.11	100.81	37.74	170.71
-mean	3.98	0.16	0.80	0.02	10.09	11.71	26.75

¹⁾Upper figures are maximum and lower figures are mean dietary intakes for respective pesticides.

Table 5. Estimation of maximum dietary oncogenic risk from residue data of pesticides used in Korea

Pesticide	Oncogenic potency ¹⁾ (tumors/mg/kg/day)	Dietary exposure ²⁾ (mg/kg/day)	Oncogenic risk ³⁾
Acephate	6.9×10^{-3}	—	—
Azinphos-methyl	1.5×10^{-7}	7.00×10^{-6}	1.05×10^{-12}
Benomyl	2.07×10^{-3}	3.71×10^{-4}	7.68×10^{-7}
Captafol	2.5×10^{-2}	1.32×10^{-3}	3.30×10^{-5}
Captan	2.3×10^{-3}	1.04×10^{-3}	2.39×10^{-6}
Chlorothalonil	2.4×10^{-2}	2.88×10^{-4}	6.91×10^{-6}
Cypermethrin	1.9×10^{-2}	—	—
Folpet	3.5×10^{-3}	1.56×10^{-5}	5.46×10^{-8}
Glyphosate	5.9×10^{-5}	—	—
o-Phenylphenol	1.57×10^{-3}	0	0
Parathion	1.8×10^{-3}	7.41×10^{-5}	1.33×10^{-7}
Permethrin	3.0×10^{-2}	—	—
Total		3.11×10^{-3}	4.33×10^{-5}

¹⁾Q* = tumors/mg pesticide/kg body weight/day

²⁾Estimated maximum dietary intake calculated from maximum residue data \times food factor as mg pesticide/kg body weight/day

³⁾Excess tumor incidence for 70-year human life span, calculated from Q* \times dietary exposure

실제 농약잔류량에 의한 중앙유발성 평가

잔류농약의 식이섭취량 평가법으로 실제 잔류데이터와 해당되는 국민의 식품계수를 이용한 추정섭취량(estimated daily intake, EDI)이라는 것이 알려져 있다²⁵⁾. 본 연구에서는 식품의 조리, 가공 및 저장 중 농약손실량을 감안하지 못한 농산물 원료에 대한 국내에서의 모니터링 데이터에 근거하여 농약섭취량을 평가하였으며 그 결과

는 Table 4와 같다. Q*값이 알려진 농약성분 중 국내 잔류데이터가 있는 것은 8개에 불과하였으며 이들의 EDI값은 평균잔류량으로 계산하건 또는 최고잔류량으로 계산하건 TMDI값보다 훨씬 낮았다. 이러한 결과는 국내에서 농산물 중 농약의 실제 잔류량이 법적 허용기준보다 훨씬 낮음을 말해주고 있는 것이다.

평가가 이루어진 8개 농약성분에 대하여 중앙유발

Table 6. Estimation of mean dietary oncogenic risk from residue data of pesticides used in Korea

Pesticide	Oncogenic potency ¹⁾ (tumors/mg/kg/day)	Dietary exposure ²⁾ (mg/kg/day)	Oncogenic risk ³⁾
Acephate	6.9×10^{-3}	—	—
Azinphos-methyl	1.5×10^{-7}	2.67×10^{-6}	4.01×10^{-13}
Benomyl	2.07×10^{-3}	3.54×10^{-5}	7.33×10^{-8}
Captafol	2.5×10^{-2}	1.23×10^{-4}	3.07×10^{-6}
Captan	2.3×10^{-3}	2.57×10^{-4}	5.91×10^{-7}
Chlorothalonil	2.4×10^{-2}	5.59×10^{-5}	1.34×10^{-6}
Cypermethrin	1.9×10^{-2}	—	—
Folpet	3.5×10^{-3}	1.98×10^{-6}	6.93×10^{-9}
Glyphosate	5.9×10^{-5}	—	—
o-Phenylphenol	1.57×10^{-3}	0	0
Parathion	1.8×10^{-3}	9.40×10^{-6}	1.69×10^{-8}
Permethrin	3.0×10^{-2}	—	—
Total		4.85×10^{-4}	5.10×10^{-6}

¹⁾Q* = tumors/mg pesticide/kg body weight/day

²⁾Estimated mean dietary intake calculated from mean residue data × food factor as mg pesticide/kg body weight/day

³⁾Excess tumor incidence for 70-year human life span, calculated from Q* × dietary exposure

Table 7. Comparison of dietary oncogenic risk estimates from residue data of pesticides in Korea and USA

Pesticide	Oncogenic risk for Koreans from residue data, $\times 10^{-6}$		Oncogenic risk for American males, 14-16 yrs from TDS data, $\times 10^{-6}$
	Maximum	Mean	
Acephate	—	—	0.0214
Azinphos-methyl	1×10^{-6}	4×10^{-7}	—
Benomyl	0.768	0.073	—
Captafol	33.0	3.07	—
Captan	2.39	0.59	0.0202
Chlorothalonil	6.91	1.34	<0.024
Cypermethrin	—	—	—
Folpet	0.055	0.007	0.0102
Glyphosate	—	—	—
o-Phenylphenol	0	0	—
Parathion	0.133	0.017	0.0013
Permethrin	—	—	0.9
Total risk	43.26	5.10	0.977

가능성을 산출한 결과는 Table 5~7과 같다. 이에 의하면 EPA의 무시될 수 있는 위험기준인 1×10^{-6} 을 초과하는 것은 평균잔류량에 근거한 경우에는 2개 이었으나 최고 잔류량에 근거한 경우에는 3개 성분이었다. 더우기 평가가 이루어진 8개 성분에 의한 종양유발성의 합계치는 평균잔류량에 근거한 경우에는 5.10×10^{-6} , 최고잔류량에 의한 경우에는 4.33×10^{-5} 나 된다. 최근 우리나라에서는 captafol의 발암성 논란으로 1993년부터 그의 사용을 금지시켰는데 이 성분을 제외하는 경우 종양유발성 합계는 평균잔류량의 경우 2.03×10^{-6} , 최고잔류량의 경우

1.03×10^{-5} 으로 줄어들지만 이것 역시 무시될 수 있는 위험기준을 상회하고 있다.

한편 미국에서 FDA total diet study의 데이터에 의한 종양유발성 합계는 9.77×10^{-7} 으로 무시될 수 있는 위험기준을 약간 밑돌았다. 이에 따라 미국에서는 종양유발성 농약이 미국국민의 건강에 미치는 위해정도는 일단 무시할 수 있는 것으로 판단하고 있지만 안전성 확보를 위한 사회적 요구는 계속되고 있다. 우리나라에서의 종양유발성 평가 결과가 농산물에 대한 모니터링 데이터에 의존한 것이기 때문에 섭취하기 전에 행해지는 조리 및

Table 8. Summary of total oncogenic risk by pesticide residues in Korea and USA

Country	Data resource	Total oncogenic risk
Korea	Maximum residue limit	2.17×10^{-3}
	Maximum residue data	4.33×10^{-5}
	Mean residue data	5.10×10^{-6}
USA	Maximum residue limit	2.32×10^{-3}
	Total diet study data	9.77×10^{-7}

가공에 의한 농약의 손실을 다시 감안한다면 종양유발성에 의한 위해가 좀더 감해될 수 있을 것이다. 그러나 8개 농약성분에 의한 종양유발성 합계가 평균잔류량에 근거한 경우에서조차 무시될 수 있는 위험기준을 넘어선 점을 감안할 때 국내에서는 종양유발성 농약에 대한 평가를 신중하게 실시해야 될 것으로 판단된다.

WHO에서는 유사한 독성을 나타내거나 부가적인 독성을 나타내는 화학물질의 경우에는 그들의 누적섭취량(cumulative intake)에 의한 피해를 줄이기 위하여 group ADI를 설정하는 것이 적절한 것으로 권고되고 있다⁽²⁶⁾. 현재까지 화학물질의 위해평가에서는 독성의 상승효과(synergistic toxicity)를 감안하지 못하고 있다는 한계성이 있었다. 그러나 20종의 농약을 동시에 시험동물에 투여한 경우 종양유발성의 상승효과가 나타난다는 결과가 보고되고 있으며⁽²⁷⁾ acetylcholinesterase의 저해에 의한 신경독성을 나타내는 유기인계 농약의 경우 개별농약의 식이섭취량을 합산하여 ADI와 비교함으로써 위해 여부를 평가한 보고가 있다⁽²⁸⁾. 이러한 독성평가의 추세를 감안할 때 본 연구에서 시도한 바와 같이 개별 농약에 의한 종양유발성을 합계함으로써 이들 농약의 위해성을 가늠해 보는 것은 매우 합당한 것으로 판단된다.

앞으로 농약에 의한 발암성 논쟁에 대처하기 위해서는 위와 같은 종양유발성 농약의 주요한 식품급원이 어떠한 것인지, 잔류 허용기준의 법적 설정이 합리적으로 이루어졌는지, 이러한 농약의 실제 잔류량이 어느 수준인지, 그리고 오염된 식품의 조리가공중 문제농약의 분해, 소실률이 얼마나 될 것인지 후속연구가 수행되어야 할 것이다. 최근 외국에서는 식품 중 잔류농약에 의한 발암성의 상승효과와 아울러 건강위해에 대한 연구가 추진되고 있으므로^(27,29) 그 결과를 주시해야 될 것이다.

요 약

국내에서 소비되고 있는 농약 중 종양유발지수가 알려진 12개 성분의 식품군별 식이섭취량과 그들의 위해성을 평가하였다. 한국인에 대한 종양유발성(70년 평생을 통한 부가적 종양발생률)은 농약잔류 허용기준에 의한 경우 2.17×10^{-3} , 실제잔류량 최대치에 의한 경우 4.33×10^{-5} , 실제잔류량 평균치에 의한 경우 5.10×10^{-6} 으로서 미국 EPA의 무시될 수 있는 위험기준인 1×10^{-6} 을 초

과하였다. 발암성 농약의 남용에 대한 국민들의 불안을 해소하기 위해서는 종양유발성 농약에 대한 체계적인 후속연구가 추진되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구의 일부는 한국과학재단 핵심전문연구비(과제번호: 931-0600-040-2)의 지원에 의하여 수행된 결과이며 이에 감사의 뜻을 표한다.

문 헌

1. 이서래: 식품의 안전성 연구. 이화여대 출판부, 제2장 (1993)
2. Food Safety Council-Scientific Committee: *Proposed System for Food Safety Assessment*. Food Safety Council, Washington D.C., 160pp. (1980)
3. Hazelwood, R.N.: Carcinogen risk assessment. *Adv. Food Res.*, 31, 1 (1987)
4. Johannsen, F.R.: Risk assessment of carcinogenic and noncarcinogenic chemicals. *Crit. Rev. Toxicol.*, 20, 341 (1990)
5. National Research Council, USA: *Regulating Pesticides in Food-The Delaney Paradox*. National Academy Press, Washington, DC, 260 pp.(1987)
6. Albert, R.E.: Carcinogen risk assessment in the U.S. Environmental Protection Agency. *Crit. Rev. Toxicol.*, 24, 75 (1994)
7. 이서래: 미국에서의 농약문제와 규제현황. 한국환경농학회지, 10, 178 (1991)
8. 보건사회부: 식품공전, p.33 (1994)
9. 백덕우 외 15명: 식품중의 오염물질에 관한 연구, 국립보건원보, 23, 643 (1986)
10. 백덕우 외 9명: 식품중의 오염물질에 관한 연구, 국립보건원보, 24, 747 (1987)
11. 권우창 외 15명: 식품중 오염물질에 관한 연구, 국립보건원보, 25, 565 (1988)
12. 권우창 외 23명: 식품중 오염물질에 관한 연구, 국립보건원보, 26, 461 (1989)
13. 원경풍 외 18명: 식품중 오염물질에 관한 연구, 국립보건원보, 27(2), 398 (1990)
14. 원경풍 외 18명: 식품 중 오염물질에 관한 연구. 국립보건원보, 28(2), 381 (1991)
15. 원경풍 외 20명: 식품 중 오염물질에 관한 연구. 국립보건원보, 30(2), 378 (1993)
16. 유흥일, 김인기, 김학엽, 전성환: 농경지 및 농작물중 유해물질 오염에 관한 연구(II), 국립환경연구원보, 8, 231 (1986)
17. 유흥일, 김인기, 김학엽, 전성환: 과채류 중 농약잔류 수준 조사연구. 한국환경농학회지, 6, 61 (1987)
18. 이해근, 이병무, 박영선: 현미 중 농약잔류에 관한 조사연구(II). 농사시험연구논문집(작물보호편), 30(3), 52 (1988)
19. 이해근, 이영득, 신용화: 사과와 감귤 중 농약잔류에 관한 조사연구. 농사시험연구논문집(작물보호편), 30(3), 42 (1988)
20. 이해근, 이영득, 신용화: 배와 단감 중 농약잔류에 관한 조사연구. 식품위생학회지, 3, 131 (1988)

21. 이해근, 김영구, 박영선: 시설재배 딸기와 오이 중 농약잔류에 관한 조사연구. *식품위생학회지*, 3, 193 (1988)
22. 최주현, 이영득, 임진재, 정영호: 농산물중 농약잔류량 조사 (1년차). 농약연구소 시험연구보고서, 14 (1989)
23. 심태흠, 이태준, 김기철, 유미정, 정의호, 이해금: 강원도산 농산물 중 잔류농약 실태조사. *식품위생학회지*, 7, 149 (1992)
24. 이미경, 이서래: 한국인의 농축산식품 섭취량의 표준화 (1986-90). *한국식품과학회지*, 26, 616 (1994)
25. Joint UNEP/FAO/WHO Food Contamination Monitoring Programme: *Guidelines for Predicting Dietary Intake of Pesticide Residues*, World Health Organization, Geneva, p.8 (1989)
26. WHO: *Principles for Safety Assessment of Food Additives and Contaminants in Food*. World Health Organization, Geneva, p.82 (1987)
27. Ito, N., Hasegawa, R., Imaida, K., Kurata, Y., Hagiwara, A. and Shirai, T.: Effect of ingestion of 20 pesticides in combination at acceptable daily intake levels on rat liver carcinogenesis. *Food Chem. Toxicol.*, 33, 159 (1995)
28. 이서래, 이미경: 한국인에 의한 유기인계 농약의 식이 섭취량 추정. *한국환경농학회지*, 13, 66 (1994)
29. Cochran, R.C., Kishiyama, J., Aldous, C., Carr, W.C. Jr, and Pfeifer, K.F.: Chlorpyrifos; hazard assessment based on a review of the effects of short-term and long-term exposure in animals and humans. *Food Chem. Toxicol.*, 33, 165 (1995)

(1995년 7월 12일 접수)