

한국인에 의한 유기인계 농약의 식이섭취량 추정

이서래* · 이미경*

Estimation of the Dietary Intake of Organophosphorus Pesticides by the Korean Population in 1986-1990

Su-Rae Lee* and Mi-Gyung Lee*

Abstract

Daily dietary intake of 11 organophosphorus pesticides by the Korean population was estimated to be 31 μ g per person(0.567 μ g/kg body weight/day) from known residue data on raw agricultural products and food factor based on the Korean diet, for the period of 1986-90. Intake ratio of 11 pesticides by food group was 56% from cereals, 23% from vegetables, 14% from fruits and 7% from legumes and other food materials. The ratio of the dietary intake to the ADI was 6.1% in diazinon, 5.8% in fenthion, 3.3% in fenitrothion, 1.5% in EPN and 1.7% average for 11 individual pesticides whereas the cumulative ratio of 11 pesticides was 18.7%. It is, therefore, proposed that a systematic estimate for the dietary intake of organophosphorus pesticides should be undertaken, although the present intake level would not give any adverse effect to the health of the Korean population under the current situation of pesticide usage.

서 론

지난 30여년간 우리나라에서는 식량증산을 위한 노력으로 농작물의 품종개량, 비배관리, 그리고 병해충 방제에 의하여 주곡(主穀)의 자급자족을 이루

었다. 이때 병충해 및 잡초의 효율적인 방제를 위해서 널리 사용된 화학농약의 공로는 충분히 이해할 수 있으며 앞으로도 식량생산을 위해 농약은 꼭 필요한 것으로 믿는다. 그러나 유독한 농약의 무절제한 사용으로 인하여 환경생태계의 파괴와 식품오염

*이화여자대학교 식품영양학과(Department of Food and Nutrition, Ewha Woman's University, Seoul 120-750, Korea)

이 연구는 1993년도 한국과학재단 핵심전문연구비 지원에 의한 결과임(과제번호: 931-0600-040-2).

을 거쳐 국민건강을 위협하지 않을까 하는것이 사회적 관심사가 되고 있다¹⁾. 더우기 근래에 들어와서는 농산물의 수출입 과정에서 잔류농약의 문제가 통상(通商)의 장벽이 되기도 하며 많은 나라에서 정 부당국의 규제대상이 되고 있으므로 농약 규제에 대한 정보가 절실히 요청된다²⁾.

화학농약 중에서 유기수은제와 유기염소제는 1950년대에 들어와 그들의 환경잔류성과 생물농축 현상이 국내외적으로 거론됨에 따라 1980년대로 접어들면서 그들 대부분의 사용이 금지 또는 제한되기에 이르렀다. 이와같이 규제되기 시작한 잔류성 농약의 대체품으로 나온 것이 유기인제, 카바메이트제 및 기타 제제라 할 수 있다. 그러나 이들 새로운 농약 들은 사용후 환경내에서의 지속성(persistency)이 적 은만치 사용빈도 및 사용량을 늘려야 하는 부작용이 뒤따르고 있고 남용 또는 오용에 의한 위해성(危害性)이 새로운 우려의 대상이 되고 있다.

따라서 여기에서는 국내에서 사용되고 있는 유기 인계 농약에 대하여 식품을 통한 섭취량과 아울러 농약의 독성자료로 부터 인체에 대한 위해 여부를 평가해 보았다. 이러한 목적을 위해 미국에서는 체계적인 식이섭취 총량조사(total diet study, market basket survey)^{3,4)}가 수행되고 있지만 여기에는 많은 시간과 경비가 요구되므로 우선 국내에서 보고된 문헌치에 근거하여 최선의 평가인 이른바 추정섭취 량(estimated daily intake)을 계산해 보았다. 이러한 시도는 잔류농약의 위험여부를 예측하고 식이섭취 총량조사의 필요성을 인식시키는 동시에 건전한 농 약산업을 보호하는데 크게 도움이 될 것으로 믿어 마지 않는다.

조사 자료 및 방법

1. 식품별 소비량 자료

한국인에 의한 1인당 1일 식품 소비량은 보건사 회부에서 매년 실시하는 국민영양조사보고에 근거 한 다음 문제되는 항목에 대해서는 식품수급표 및 기타 자료에 의하여 수정, 보완된 1980년대 식품계

수⁵⁾를 이용하였다.

2. 식품별 잔류농약 자료

국내에서 잔류농약 분석업무를 계속적으로 실시 하여 분석관리계획(analytical quality control)이 제 대로 되어 있다고 판단되는 공공기관의 분석결과 만을 이용하였다⁶⁻¹²⁾. 즉 최근에 발표된 조사보고 중에서 1986-90년 사이에 소비된 원료상태의 식품별 농약 평균잔류량을 산정하였다. 이때 평균잔류량은 분석시료수에는 관계없이 각 보고서를 한 단위로 식품 항목별로 평균값을 얻고 여러 보고서에서의 평균값을 다시 평균하였다. 분석결과에서 "trace"로 표현된 것은 최저정량한계치(lowest quantitation limit)의 반값을 대입하였다. 각 식품군에서의 기타 항목은 나열되지 않은 식품에서의 잔류량을 평균하였 다.

3. 잔류농약의 식이섭취량 계산

식품별 잔류농약 함량에 해당식품의 1인당 1일 평균소비량을 곱하여 해당농약의 1인당 1일 섭취량 을 계산하였다. 그런 다음 농약성분별, 식품군별 섭 취량을 집계하고 다시 총섭취량을 계산하였다.

결과 및 고찰

1. 식품종류별 유기인계 농약잔류량

국내에서 1986-90년 기간중에 생산된 농산물중 유기인계 잔류농약의 분석자료로 부터 식품별 평균 잔류량을 산정한 결과는 Table 1, 2와 같다. 조사기 관에 따라 식품시료의 종류와 분석시료수, 그리고 농약성분의 종류가 다르지만 부득이 분석단위별 평 균치를 식품종류별로 산술평균하였다. 식품별 분석 시료수가 최고 167개에 이르는 것도 있으나 5개에 불과한 경우도 있어 평균치 산정에 문제가 제기될 수 있겠으나 별 도리가 없었다.

2. 한국인의 유기인계 식이섭취량

한국인이 소비하는 농산식품중 유기인계 농약의

Table 1. Average residues of organophosphorus pesticides in Korean foods consumed in 1986-90*1

Food group	Commodity	Chlorpyrifos		Diazinon		Dichlorvos		Dimethoate		E P N	
		ppb	basis*2	ppb	basis	ppb	basis	ppb	basis	ppb	basis
Cereals	Rice	0	67/1	10.3	100/3	—	—	1.3	33/2	5.7	100/3
	Barley	0	12/1	0	9/1	—	—	0	9/1	0	9/1
	Wheat	—	—	0	12/1	0	12/1	0	12/1	0	12/1
	Corn	—	—	0	9/1	—	—	0	9/1	0	9/1
	Others	0	12/1	0	12/1	1.9	12/1	0	12/1	0	12/1
Legumes	Soybean	—	—	16.2	33/2	—	—	6.1	33/2	10.4	33/2
	Others	0	76/1	10.0	76/1	0	76/1	0	76/1	0	76/1
Potatoes	Irish	—	—	0	25/2	—	—	2.3	25/2	0	25/2
	Sweet	—	—	3.6	25/2	—	—	0.3	25/2	0	25/2
Fruits	Apple	0.4	57/2	36.7	165/4	0.4	5/1	0	113/3	7.9	165/4
	Pear	0.9	35/2	0.4	42/2	0	5/1	0	9/1	19.8	42.2
	Persimmon	0	30/1	3.9	25/2	—	—	2.2	25/2	5.3	25/2
	Grape	0	5/1	3.8	43/3	0	5/1	3.8	33/2	18.3	33/2
	Peach	0.7	5/1	25.0	123/4	0.5	5/1	0	113/3	10.1	113/3
	Orange	0.3	51/2	0	75/3	0	5/1	0	29/2	0	75/3
	Muskmelon	0	5/1	0	9/1	0	5/1	0	9/1	0	9/1
	Watermelon	0.3	21/2	4.0	16/1	0.5	21/2	0.1	16/1	0	16/1
	Strawberry	0	5/1	4.5	77/3	0	5/1	0	33/2	9.5	77/3
	Others	0	16/1	1.0	16/1	1.0	16/1	0.1	16/1	0	16/1
	Vegetables	Chin.cabbage	0.2	5/1	8.2	43/3	0	5/1	3.1	33/2	8.4
Radish		0	5/1	0.5	35/3	0	5/1	3.5	25/2	1.2	25/2
Pumpkin		1.0	16/1	1.0	16/1	2.0	16/1	0	16/1	0.1	16/1
Red pepper		9.8	5/1	14.0	166/5	0	5/1	3.0	113/3	6.0	156/4
Garlic		10.2	5/1	0.4	9/1	0	5/1	0.1	9/1	0	9/1
Green onion		—	—	0	25/2	—	—	3.6	25/2	4.5	25/2
Onion		0.1	5/1	0	9/1	0	5/1	0	9/1	0	9/1
Cucumber		0.2	5/1	4.1	167/5	1.8	5/1	2.8	113/3	6.4	157/4
Lettuce		—	—	3.7	25/2	—	—	0.5	25/2	1.6	25/2
Spinach		0	5/1	2.1	9/1	0	5/1	0	9/1	0	9/1
Carrot		—	—	0	9/1	—	—	0	9/1	0	9/1
Cabbage		0	5/1	63.6	9/1	0	5/1	0	9/1	1.1	9/1
Tamato		0.3	5/1	2.9	123/4	0	5/1	0.3	113/3	6.3	113/3
Mushroom		0	16/1	0	16/1	0	16/1	0	16/1	0	16/1
Others		0.3	77/2	11.3	122/3	0.5	77/2	1.1	122/3	4.1	122/3
Seasonings	Soy sauce	—	—	(2.9)	3A*3	—	—	(1.1)	3A	(1.9)	3A
	Soy paste	—	—	(4.9)	3B	—	—	(1.8)	3B	(3.1)	3B
	Hot paste	(1.2)	3C	(2.2)	3C	—	—	(0.5)	3C	(1.0)	3C

Table 1. - continued

Food Commodity	Fenitrothion		Fenthion		Malathion		Parathion		Phenthoate		Trichlorfon	
	ppb	basis	ppb	basis	ppb	basis	ppb	basis	ppb	basis	ppb	basis
Rice	14.4	100/3	8.2	100/3	5.1	100/3	0	100/3	0.4	100/3	—	—
Barley	0	9/1	0	9/1	0	9/1	0	9/1	0	9/1	—	—
Wheat	6.0	12/1	0	12/1	19.0	12/1	0	12/1	0	12/1	0.1	11/1
Corn	0	9/1	0	9/1	0	9/1	0	9/1	0	9/1	0.2	6/1
Others	0	12/1	3.5	12/1	4.6	12/1	0	12/1	0	12/1	1.0	5.1
Soybean	24.8	33/2	8.1	33/2	21.7	33/2	11.4	33/2	8.4	33/2	—	—
Others	4.0	76/1	0	76/1	4.0	76/1	0.2	76/1	0.1	76/1	0.7	31/1
Irish potato	0	25/2	0.1	25/2	0	25/2	0.5	25/2	0	25/2	—	—
Sweet potato	0.7	25/2	0	25/2	0	25/2	0	25/2	0	25/2	—	—
Apple	47.8	165/4	1.2	165/4	1.4	165/4	0.8	165/4	2.0	165/4	—	—
Pear	2.5	72/3	0	9/1	0	42/2	8.9	42/2	0.1	42/2	—	—
Persimmon	0.8	25/2	1.6	25/2	0	25/2	0	25/2	2.2	25/2	—	—
Grape	0.8	43/3	0	33/2	0.2	43/3	9.5	43/3	3.4	43/3	—	—
Peach	1.0	123/4	1.1	113/3	1.9	123/4	22.7	123/4	3.2	123/4	—	—
Orange	0	75/3	0	29/2	0	75.3	0	75.3	0	75.3	—	—
Muskmelon	0	9/1	0	9/1	0	9/1	0	9/1	0	9/1	—	—
Watermelon	0.3	16/1	1.0	16/1	0	16/1	3.0	16/1	0.3	16/1	2.0	5/1
Strawberry	0.8	77/3	0.6	33/2	5.9	77/3	1.0	77/3	1.5	33/2	—	—
Others	0.1	16/1	1.0	16/1	1.0	16/1	4.0	16/1	3.0	16/1	3.0	35/1
Chin.cabbage	2.2	43/3	0.3	33/2	12.9	43/3	1.7	43/3	3.4	43/3	—	—
Radish	1.8	35/3	0.3	25/2	0.3	35/3	0.9	35/3	0.2	35/3	—	—
Pumpkin	0.5	16/1	0	16/1	0	16/1	0.2	16/1	0	16/1	0	5/1
Red pepper	3.3	166/5	0.8	113/3	11.6	166/5	1.5	166/5	1.9	123/4	—	—
Garlic	0	9/1	0	9/1	0	9/1	0	9/1	0	9/1	—	—
Green onion	0.1	25/2	0.5	25/2	0	25/2	1.4	25/2	0	25/2	—	—
Onion	51.8	9/1	0	9/1	0	9/1	0	9/1	0	9/1	—	—
Cucumber	12.7	167/5	0.2	113/3	4.7	167/5	3.1	167/5	14.1	167/5	—	—
Lettuce	2.4	25/2	0	25/2	0.4	25/2	2.4	25/2	0.3	25/2	—	—
Spinach	0	9/1	0	9/1	0	9/1	0	9/1	0	9/1	—	—
Carrot	0	9/1	0	9/1	0	9/1	1.4	9/1	0	9/1	—	—
Cabbage	0	9/1	0	9/1	0	9/1	0	9/1	0	9/1	—	—
Tomato	1.0	123/4	0.9	113/3	4.3	123/4	1.1	123/4	1.8	123/4	—	—
Mushroom	0	16/1	0	16/1	0	16/1	0	16/1	0	16/1	0	5/1
Others	1.8	122/3	0.1	122/3	0.1	122/3	1.1	122/3	0	122/3	0.4	25/1
Soy sauce	(4.5)	3A	(1.5)	3A	(3.9)	3A	(2.1)	3A	(1.5)	3A	—	—
Soy paste	(7.4)	3B	(2.4)	3B	(6.5)	3B	(3.4)	3B	(2.5)	3B	—	—
Hot paste	(1.1)	3C	(0.3)	3C	(2.0)	3C	(0.5)	3C	(0.5)	3C	—	—

*1. Obtained by averaging means of different analysis group by food commodity and year

*2. Total number of samples analyzed / number of analysis group

*3. Values in parentheses were approximated on the following bases:

3A-soy sauce: weighted mean of residues in raw materials consisting of 18% soybean and 19% barley

3B-soy paste: weighted mean of residues in raw materials consisting of 30% soybean and 19% barley

3C-hot soy paste: weighted mean of residues in raw materials consisting of 3% soybean, 40% barley and 12% red pepper

Table 2. Dietary intake of organophosphorus pesticides by food items (unit: $\mu\text{g}/\text{day}/\text{person}$)

Food group	Commodity	Amount(g)	Chlorpyrifos	Diazinon	Dichlorvos	Dimethoate	E P N
Cereals	Rice	353.7	0	3.643	—	0.460	2.016
	Barley	14.1	0	0	—	0	0
	Wheat	56.7	—	0	0	0	0
	Corn	23.4	—	0	—	0	0
	Others	1.1	0	0	0.002	0	0
Legumes	Soybean	12.7	—	0.206	—	0.077	0.132
	Others	9.5	0	0.095	0	0	0
Potatoes	Irish	14.5	—	0	—	0.033	0
	Sweet	9.9	—	0.036	—	0.003	0
Fruits	Apple	39.9	0.016	1.065	0.016	0	0.315
	Pear	7.5	0.007	0.003	0	0	0.149
	Persimmon	6.7	0	0.026	—	0.015	0.036
	Grape	2.8	0	0.011	0	0.011	0.051
	Peach	3.0	0.002	0.075	0.002	0	0.030
	Orange	10.7	0.003	0	0	0	0
	Muskmelon	3.2	0	0	0	0	0
	Watermelon	7.0	0.002	0.028	0.004	0.001	0
	Strawberry	2.0	0	0.009	0	0	0.019
	Others	3.4	0	0.003	0.003	0	0
Vegetables	Chin. cabbage	106.9	0.021	0.877	0	0.331	0.898
	Radish	62.9	0	0.031	0	0.220	0.075
	Pumpkin	8.5	0.009	0.009	0.017	0	0.001
	Red pepper	6.2	0.061	0.087	0	0.019	0.037
	Garlic	8.3	0.085	0.003	0	0.001	0
	Green onion	16.0	—	0	—	0.058	0.072
	Onion	15.6	0.002	0	0	0	0
	Cucumber	5.7	0.001	0.023	0.010	0.016	0.036
	Lettuce	4.0	—	0.015	—	0.002	0.006
	Spinach	5.6	0	0.012	0	0	0
	Carrot	3.1	—	0	—	0	0
	Cabbage	3.1	0	0.197	0	0	0.003
	Tomato	2.4	0.001	0.007	0	0.001	0.015
	Mushroom	1.7	0	0	0	0	0
	Others	18.6	0.006	0.210	0.009	0.020	0.076
Seasonings	Soy sauce	7.5	—	0.022	—	0.008	0.014
	Soy paste	7.5	—	0.037	—	0.014	0.023
	Hot paste	4.0	0.005	0.009	—	0.002	0.004

Table 2. - continued

Commodity	Fenitrothion	Fenthion	Malathion	Parathion	Phenthoate	Trichlorfon
Rice	5.093	2.900	1.804	0	0.141	—
Barley	0	0	0	0	0	—
Wheat	0.340	0	1.077	0	0	0.006
Corn	0	0	0	0	0	0.005
Others	0	0.004	0.005	0	0	0.001
Soybean	0.315	0.103	0.276	0.145	0.107	—
Others	0.038	0	0.038	0.002	0.001	0.007
Irish potato	0	0.001	0	0.007	0	—
Sweet potato	0.007	0	0	0	0	—
Apple	1.907	0.048	0.056	0.032	0.080	—
Pear	0.019	0	0	0.067	0.001	—
Persimmon	0.005	0.011	0	0	0.015	—
Grape	0.002	0	0.001	0.027	0.010	—
Peach	0.003	0.003	0.006	0.068	0.010	—
Orange	0	0	0	0	0	—
Muskmelon	0	0	0	0	0	—
Watermelon	0.002	0.007	0	0.021	0.002	0.014
Strawberry	0.002	0.001	0.012	0.002	0.003	—
Others	0	0.003	0.003	0.014	0.010	0.010
Chin. cabbage	0.235	0.032	1.379	0.182	0.363	—
Radish	0.113	0.019	0.019	0.057	0.013	—
Pumpkin	0.004	0	0	0.002	0	0
Red pepper	0.020	0.005	0.072	0.009	0.012	—
Garlic	0	0	0	0	0	—
Green onion	0.002	0.008	0	0.022	0	—
Onion	0.808	0	0	0	0	—
Cucumber	0.072	0.001	0.027	0.018	0.080	—
Lettuce	0.010	0	0.002	0.010	0.001	—
Spinach	0	0	0	0	0	—
Carrot	0	0	0	0.004	0	—
Cabbage	0	0	0	0	0	—
Tomato	0.002	0.002	0.010	0.003	0.004	—
Mushroom	0	0	0	0	0	0
Others	0.033	0.002	0.002	0.020	0	0.007
Soy sauce	0.034	0.011	0.029	0.016	0.011	—
Soy paste	0.056	0.018	0.049	0.026	0.019	—
Hot paste	0.004	0.001	0.008	0.002	0.002	—

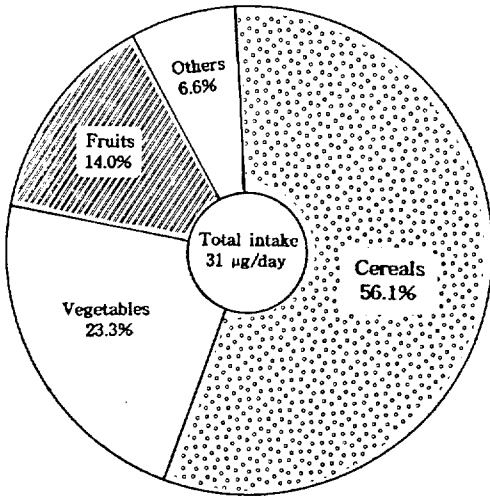


Fig. 1. Distribution of the dietary intake of organophosphorus pesticides by the Korean population in 1986-90.

평균잔류량과 각 식품의 평균소비량으로 부터 각 농약성분의 1인당 1일 섭취량을 계산한 결과는 Table 3과 같다. 농약성분으로 볼 때 fenitrothion 9.1 µg, diazinon 6.7µg, malathion 4.9µg, EPN 4.0µg, fenthion 3.2µg으로 비교적 많았고 기타 농약은 이 보다 훨씬 낮은 수준이었다. 본 조사에 포함된 11종

농약의 총섭취량은 1인당 1일 31µg으로 나타났다.

한편 식품군별로 유기인제의 섭취량 비율을 도시한 것을 보면 Fig. 1 과 같다. 즉 유기인제 섭취량 (괄호안 데이터는 식품소비량)을 보면 곡류 56% (48%), 채소 23% (29%), 과일 14% (9%), 두류 5% (6%)로 나타나 위험한 식품군의 순위를 말해주는것 같이 보인다. 그러나 식품군별 소비량이 많은 것은 또한 농약의 섭취량도 많은 것으로 나타났기 때문에 특정한 식품군의 농약오염을 지적할 수는 없는 일이라 생각된다. 다만 감자류를 소비량이 6%인데 반하여 농약섭취량은 매우 낮은 0.3%에 그치고 있음은 감자류는 지하부를 식용으로 하기 때문에 농약의 오염이 적었던 것으로 쉽게 이해된다.

3. 유기인계 농약의 위해평가

국제기구인 FAO/WHO에서 설정한 ADI값 (한국인의 평균체중을 55 kg 으로 간주하고 계산한 인체 허용 1인당 1일 섭취량)에 대한 한국인의 식이섭취량 비율을 보면 Table 4와 같다. 즉 diazinon 6.1%, fenthion 5.8%, fenitrothion 3.3%, EPN 1.5%로 나타났고 기타 농약은 매우 낮은 1% 미만이었다. 여기에서 평가대상이 된 11개 농약의 총섭취량 31µg은 ADI 합계치인 4,125µg의 0.8%에 불과한 수준이

Table 3. Estimated dietary intake of organophosphorus pesticides by food group (µg/day/person)

Pesticide	Cereals	Legumes	Potatoes	Fruits	Vegetables	Seasonings	Total
Chlorpyrifos	0	0	0	0.030	0.186	0.005	0.22
Diazinon	3.643	0.301	0.036	1.220	1.471	0.068	6.74
Dichlorvos	0.002	0	0	0.025	0.036	-	0.06
Dimethoate	0.460	0.077	0.036	0.027	0.668	0.024	1.29
EPN	2.016	0.132	0	0.600	1.219	0.041	4.01
Fenitrothion	5.433	0.353	0.007	1.940	1.299	0.094	9.13
Fenthion	2.904	0.103	0.001	0.073	0.069	0.030	3.18
Malathion	2.886	0.314	0	0.078	1.511	0.086	4.88
Parathion	0	0.147	0.007	0.231	0.327	0.044	0.76
Phenthoate	0.141	0.108	0	0.131	0.473	0.032	0.89
Trichlorfon	0.012	0.007	0	0.024	0.007	-	0.05
Total	17.50	1.54	0.09	4.38	7.27	0.2	31.21
(% Ratio)	(56%)	(5%)	(0.3%)	(14%)	(23%)	(1%)	(100%)

Table 4. Comparison between acceptable daily intake (ADI) and estimated dietary intake of organophosphorus pesticides by the Korean population in 1986-90

Pesticide	Acceptable daily intake ($\mu\text{g}/\text{kg bw}$)	($\mu\text{g}/\text{person}$)	Dietary intake ($\mu\text{g}/\text{person}/\text{day}$)	Ratio to ADI (%)
Chlorpyrifos	10	550	0.22	0.04
Diazinon	2	7110	6.74	6.13
Dichlorvos	4	7220	0.06	0.03
Dimethoate	10	550	1.29	0.23
E P N	(5)	275	4.01	1.46
Fenitrothion	5	275	9.13	3.32
Fenthion	1	55	3.18	5.78
Malathion	20	1,100	4.88	0.44
Parathion	5	275	0.76	0.28
Phenthoate	3	165	0.89	0.54
Trichlorfon	10	550	0.05	0.01
INDIVIDUAL EFFECT		4,125	31.21	0.8/ 1.7*
CUMULATIVE EFFECT		375	31.21	8.3/18.7**

* Total dietary intake was divided by summed ADI/ratio to ADI for individual pesticide was averaged.

** Total dietary intake was divided by average ADI/ratio to ADI for individual pesticide was summed.

었으며 농약성분별로 계산한 ADI 대비 평균치도 1.7%에 불과하였다.

미국에서는 유통되는 식품중 잔류농약의 모니터링과 아울러 식이섭취 총량조사 (total diet study)를 1961년부터 체계적이고 광범위하게 수행하고 있다³.
4). 그 조사결과중 1987-90년 4개년에 걸쳐 유기인계 농약 15종의 ADI 값에 대한 미국인(12-16세 남자기준)의 농약성분별 식이섭취량 비율을 보면 chlorpyrifos-methyl이 1.8%로 가장 높았고 기타 농약은 1% 미만이었다. 여기에서 평가된 15종 농약의 총섭취량 11.8 μg (70 kg 체중 기준)은 ADI 합계치인 8,876 μg 의 0.13%에 불과한 수준이었으며 농약성분별로 계산한 ADI 대비 평균치도 0.3%에 불과하였다.

미국과 한국의 자료를 비교할 때 유기인계의 ADI 대비 섭취율 비율은 1:6이지만 농경지 단위면적당 농약사용량 비율은 1:3.5로 나타났다. 농약섭취량 평가에서 미국은 조리된 식품을 기준으로 하고 있고

한국은 식품원료를 기준으로 하였기 때문에 이러한 차이가 나온 것이 아닌가 생각된다. 식품원료의 조리과정중 유기인계 농약성분의 약 40%가 감소된다고 가정하면 농약사용량과 농약의 식이섭취량 사이에 높은 상관관계가 있다는 것을 발견할 수 있었다.

유해물질의 안전관리에서 인체노출량과 ADI 값을 비교하기 위해서는 유사한 가정하에 이루어지든지 아니면 차이점이 명시되어야 한다¹⁴). 일반적으로 유기인계 농약의 독성시험과 ADI 설정은 개개 성분별로 이루어졌으므로 식이섭취량과 ADI와의 비교도 위에서 언급한 바와 같이 개별 성분별로 추정할 바 있다. WHO에서는 유사한 독성을 나타내거나 부가적(additive)인 독성을 나타내는 화합물들에 대해서는 그들의 섭취누적량 (cumulative intake)을 제한하기 위하여 group ADI를 설정하는 것이 적절하다고 권고하고 있다. 따라서 포유동물과 곤충에서 acetylcholinesterase의 활성저해로 신경독성을

나타내는 유기인계 살충제¹⁹⁾의 위해성을 평가하기 위하여 조사대상이 된 11개 유기인계의 ADI 대비 섭취율을 합계해 보았다. 그 결과 한국인의 식이섭취량은 ADI의 18.7%에 이르는 것으로 나타나 개별성분별로 평가한것 보다 매우 높게 나타났다. 한편 15개 유기인계에 대한 미국인의 식이섭취량은 ADI의 4.0%로 나타나 우리나라의 1/5에 불과하였다.

일반적으로 유독성분에 대한 인체노출량 (human exposure dose)이 ADI의 10% 미만일 때는 위험성을 걱정할 필요가 없고 10%를 초과하게 되면 정밀 조사와 철저한 법적 규제를 필요로 하며 ADI의 30% 수준에 도달하게 되면 위험 경고를 해야 되는 것으로 인식되고 있다. 따라서 1980년대와 같은 유기인계 농약의 사용실태하에서 음식을 통한 인체노출량 즉 식이섭취 총량은 국민건강에 손상을 줄 수 있는 수준은 아니지만 체계적인 섭취량 조사에 착수해야 될 것으로 판단된다.

식품별로 설정된 잔류농약 허용기준(maximum residue limit)의 타당성과 아울러 어떤 인구집단에 대한 해당농약의 위해 여부를 평가하기 위해서는 잔류농약 식이섭취량 (dietary intake of pesticide residues)을 어떠한 방법이던간에 예측하고 이것을 ADI값과 비교할 필요가 있다. 음식을 통한 잔류농약 섭취량을 예측하는데는 여러가지 요인을 고려해야 되며 그 방법에 따라 정확도(accuracy)가 달라질 수 있다. 국제기구인 UNEP/FAO/WHO 에서는 잔류농약 식이섭취량을 예측하는 4가지 방법을 제시하고 있다²⁰⁾. 즉 ① 개략적 평가(crude estimate)가 되는 이론적 최대섭취량(theoretical maximum daily intake), ② 중간 평가(intermediate estimate)가 되는 추정 최대섭취량(estimated maximum daily intake), ③ 최선의 평가(best estimate)가 되는 추정 섭취량(estimated daily intake) ④ 현실적 평가(realistic estimate)가 되는 실측 섭취량(measured daily intake)으로서 미국에서의 식이섭취 총량조사(TDS)에 해당한다. 이상의 네 단계는 아래로 내려갈수록 매우 과장된 예측으로 부터 가장 현실적인 예측으로

진전될 수 있는 것이다.

본 연구에서 시도한 방법은 식품의 저장, 가공, 조리중의 손실량을 보정하지 못하고 있다는 문제점이 있지만 세번째 방법에 준하는 평가방법이라 할 수 있으며 실제보다 약간 과장된 값이 나온 것으로 예상된다. 이와같은 판단은 위에서 지적한 바와 같이 같은 평가기간중 한국의 농약사용량은 미국의 3.5배이었는데 식이섭취량은 6배로 평가되었음에 근거하고 있다. 따라서 국내에서도 잔류농약 식이섭취량에 대한 현실적인 예측을 위해 필요한 데이터의 축적에 모든 연구노력을 경주해야 될 것이다.

요 약

국내에서 사용되고 있는 주요 유기인계농약 11종에 대한 한국인의 식이섭취량을 농산물중 잔류량과 식품계수로 부터 산정한 결과 1인당 1일 31 μg 으로 나타났다. 식품군별 섭취량 비율은 곡류 56%, 채소 23%, 과일 14%, 두류 기타 7%이었다. ADI 값에 대한 식이섭취량 비율을 보면 diazinon 6.1%, fenthion 5.8%, fenitrothion 3.3%, EPN 1.5%로 나타났다 11종 농약의 성분별 평균은 1.7%에 불과하였으나 모든 성분에 대한 합계치는 18.7%에 이르렀다. 따라서 현재와 같은 유기인계 농약의 사용실태하에서는 농산물중의 농약잔류가 한국인의 국민건강에 손상을 줄 수 있는 수준은 아니지만 체계적인 섭취량 평가에 착수해야 될 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

1. 이서래 (1993): 식품의 안전성 연구, 이화여대 출판부, 제3장.
2. 이서래 (1993): 食品의 汚染과 危害評價, 한국환경농학회지, 12(3), 325.
3. Pennington, J.A. and Gunderson, E.L. (1987): History of the Food and Drug Administration's total diet study - 1961 to 1987, *J. Assoc. Offic. Anal. Chem.*, 70, 772.

4. FDA (1988-1993): Food and Drug Administration's Pesticide Program - Residues in Foods, *J. Assoc. Offic. Anal. Chem.*, 71, 156A; 72, 133 A; 73, 127A; 74, 121A, 75, 136A; 76, 127A.
5. 이서래, 이미경 (1993): 韓國人을 위한 食品係數의 最適化, *한국환경농학회지*, 12(2), 184.
6. 백덕우 외15명 (1986): 식품중의 오염물질에 관한 연구, *국립보건원보*, 23, 643.
7. 백덕우 외9명 (1987): 식품중의 오염물질에 관한 연구, *국립보건원보*, 24, 747.
8. 권우창 외15명 (1988): 식품중 오염물질에 관한 연구, *국립보건원보*, 25, 565.
9. 권우창 외23명 (1989): 식품중 오염물질에 관한 연구, *국립보건원보*, 26, 461.
10. 원경풍 외18명 (1990): 식품중 오염물질에 관한 연구, *국립보건원보* 27(2), 398.
11. 유홍일, 김인기, 김학엽, 전성환 (1986): 농경지 및 농작물중 유해물질 오염에 관한 연구(II), *국립환경연구원보*, 8, 231.
12. 최주현, 이영득, 임건재, 정영호 (1989): 농산물중 농약잔류량 조사 (1년차), *농약연구소시험연구보고서*, pp. 14-20.
13. Joint UNEP/FAO/WHO Food Contamination Monitoring Programme (1989): *Guidelines for Predicting Dietary Intake of Pesticide Residues*, World Health Organization, Geneva, p. 8.
14. WHO (1987): *Principles for the Safety Assessment of Food Additives and Contaminants in Food*, World Health Organization, Geneva, p. 82.
15. WHO (1986): *Organochlorine Insecticides : A General Introduction*, World Health Organization, p. 15.