

Research Article

Open Access

## 인천광역시 유통 농산물의 최근 3년간의 잔류농약 실태 및 안전성 조사

김혜영,<sup>†</sup> 이수연,<sup>†\*</sup> 김철기, 최은정, 이은주, 조남규, 이제만, 김용희

인천광역시 보건환경연구원 농산물검사소

### A Survey on the Pesticide Residues and Risk Assessment for Agricultural Products on the Markets in Incheon Area from 2010 to 2012

Hye-Young Kim,<sup>†</sup> Soo-Yeon Lee,<sup>†\*</sup> Cheol-Gi Kim, Eun-Jeong Choi, Eun-Ju Lee, Nam-Gyu Jo, Jea-Man Lee and Yong-Hee Kim (Department of Agricultural Products Inspection, Incheon Institute of Public Health and Environment Research, Incheon, 403-861, Korea)

Received: 23 January 2013 / Revised: 19 February 2013 / Accepted: 27 February 2013

© 2013 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

#### Abstract

**BACKGROUND:** This survey was done to investigate the pesticide residues and to assess their risk on agricultural products on the Markets in Incheon from 2010 to 2012.

**METHODS AND RESULTS:** The total number of samples were 16,025 for agricultural products and these were analyzed by multi-residue method using GC-ECD/NPD, GC-MS, LC-MS/MS and HPLC-PDA/FLD. The violation rates of the samples over maximum residue limits(MRLs) of pesticide residues established by Korean Food and Drug Administration in the survey of 2010, 2011 and 2012 were 1.2%, 0.8% and 0.7%, respectively.

**CONCLUSION(S):** Of the total violated samples, more than 75% of the rates were recorded from the samples of leafy vegetables. Most commonly encountered agricultural commodities over MRLs were Chwinamul, perilla leaves and crown daisy. The pesticides detected yearly over MRLs during three years were endosulfan, chlorpyrifos, diazinon, lufenuron, chlorothalonil, flutolanil, procymidone,

ethoprophos. Estimated daily intakes compared to acceptable daily intakes, except radish and Welsh onion, is estimated less harm on human in 10 kinds of pesticides which frequently occurred violation.

**Key Words:** Agricultural products, Incheon, Pesticide residue, Risk assessment

#### 서론

농업생산성의 양적증대와 안정적 생산 및 공급은 생산자인 농민이나 소비자에게 다같이 매우 중요한 문제로, 최근 급격한 인구 증가에 따라 식량이 국가 안보에 직결되고 있는 상황에서 식량자원의 안정적 확보 문제와 더불어 경제성장으로 인한 소비자의 소비개념이 양질의 농산물을 요구하고 있어 농약의 중요성은 날로 더욱 높아지고 있다(Chung *et al.*, 2004).

농약은 병해충 및 잡초로부터 농작물을 보호하고 고품질의 농산물을 안정적으로 생산하게 하여 농업소득을 증대시키는 물론 수확 후 농작물 저장단계에서도 크게 공헌하고 있으나(Chung *et al.*, 2004; Noh *et al.*, 2010; Choi *et al.*, 2011) 농산물에 농약이 잔류하여 이를 섭취하는 인간에게 위해를 끼칠 가능성도 배제할 수 없기 때문에 지속적인 모니터링이 필요하며 농산물 섭취에 따른 인체내 흡수 농약에 대한 지속적인 안전성 평가가 필요하다(Noh *et al.*, 2010). 우리나라를 비롯한 세계 각국은 농산물 중 잔류농약을 줄이기 위해

<sup>†</sup> These authors contributed equally to this work.

\*교신저자(Corresponding author),

Phone: +82-32-440-5610; Fax: +82-32-440-5619;

E-mail: lsy0117@korea.kr

많은 노력을 하고 있으며 이와 더불어 매년 농산물을 비롯한 식품 중 잔류농약에 대한 감시작업을 실시하여 안전성을 확보하기 위해 노력하고 있다(Lee *et al.*, 2008).

미국 FDA(Food and Drug Administration)에서는 매년 농산물에 대한 잔류농약 모니터링을 실시하여 그 결과를 공개하고 있으며, EU(European Union)에서는 각국에서 자체적으로 모니터링을 실시함은 물론이고 회원국이 연합하여 실시하고 있다(Noh *et al.*, 2010; Noh *et al.*, 2010).

우리나라는 1968년부터 농산물 중 잔류농약 모니터링을 실시하였으며 1988년 9월 처음으로 17 종 농약에 대해 잔류허용기준을 설정한 이후 25 차례에 걸쳐 개정하여 2011년에는 425 종의 농약에 잔류허용기준이 설정되었다(Kim *et al.*, 2011). 식품의약품안전청 및 각 시도 보건환경연구원은 식품 위생법에 근거하여 유통농산물의 잔류농약검사를 실시하고 있고 또한 농림부에서는 농산물품질관리법에 의거하여 안전한 농산물 생산을 관리하고 있다(Jeon *et al.*, 2007).

이에 본 조사에서는 2010년부터 2012년까지 인천광역시에서 유통되는 농산물에 대한 잔류농약 실태조사를 실시하였으며, 기준 초과 농약에 대한 잔류농약 안전성을 평가하였다.

## 재료 및 방법

### 검사 시료

2010년 1월부터 2012년 12월까지 인천관내 도매시장, 재래시장, 대형유통매장에서 유통되는 품목(엽채류, 엽경채류, 과채류, 근채류 등) 중 생산지가 확인된 농산물을 대상으로 검사하였으며, 시료 수거현황은 Table 1과 같다.

**Table 1. List of kinds and sample numbers of agricultural products in the study**

Group	2010(%)	2011(%)	2012(%)
Leafy vegetables	3,434(59.8)	2,925(54.5)	2,554(52.0)
Stalk and stem vegetables	527(9.2)	372(6.9)	481(9.8)
Root and tuber vegetables	74(1.3)	178(3.3)	82(1.7)
Fruiting vegetables	989(17.2)	1039(19.3)	847(17.2)
Fruits	180(3.1)	157(2.9)	220(4.5)
Mushrooms	437(7.6)	566(10.6)	429(8.7)
Others	100(1.8)	133(2.5)	301(6.1)
Total	5,741	5,370	4,914

### 표준품 및 분석용 시약

잔류농약 분석용 표준품은 Dr. Ehrenstorfer GmbH(Germany)를 구입하여 사용하였고, 주로 사용되는 추출용매 acetonitrile

과 전처리에 필요한 hexane, acetone, dichloromethane, methanol 등은 J.T Baker(USA)의 HPLC급을 사용했으며, NaCl은 Junsei(Japan)를 사용하였다. 정제 카트리지는 가스 크로마토그래피(GC) 분석을 위해 Agilent technologies Florisil cartridge(6 cc, 1 g), 액체크로마토그래피(LC)는 Agilent technologies NH<sub>2</sub> cartridge(6 cc, 1 g)를 사용하였다.

### 분석농약

식품공전의 식품(곡류,서류,콩류,견과종실류,과실류,채소류,버섯류) 중 다중농약다성분 분석법 제2법의 기체크로마토그래피와 액체크로마토그래피로 분석가능한 잔류농약에 대하여 분석하였다(Korea Food & Drug Administration, 2011).

### 분석방법 및 분석기기

시료의 전처리 및 분석방법은 식품공전의 식품 중 잔류농약 분석법 다중농약다성분 분석법 제2법 및 식품공전 잔류농약 분석법 실무해설서를 참고하였다(Korea Food & Drug Administration, 2011, 2012).

분석기기는 정성분석을 위해 GC/MSD(Gas Chromatography/Mass Selective Detector)는 Agilent(USA)사의 HP 6890 Series GC에 연결된 5973, 5975 Mass Selective Detector와 LECO(미국)사의 TOF(pegasus HT) Detector를 사용하였고, LC/MS/MS는 Thermo Fisher

(USA)사의 TSQ Quantum Ultras를 사용하였다. 정량 분석을 위해 GC(Gas Chromatography)는 GC-ECD(HP 6890N, 미국), GC-NPD(HP 6890, 미국)를 사용하였고, LC(Liquid Chromatography)는 Varian(USA)사의 Prostar 240과 SIT(Japan)사의 HPLC System을 사용하였다. 주요 기기분석 조건은 Table 2,3,4,5와 같다.

### 잔류농약의 안전성 평가

잔류농약의 안전성은 Kim 등(2011)이 보고한 안전성 평가를 참고하였다. 유통농산물 중 기준 초과 농약의 평균 잔류량을 기준으로 1일추정섭취량(EDI, estimate daily intake)을 1인1일 농약섭취량(1일섭취허용량 × 국민평균체중)으로 나눈 1인1일 농약섭취량 대비 1일 추정섭취량으로 평가하였다.

$$1일\ 추정섭취량 = \text{평균잔류량}(mg/kg) \times 1일\ 식품섭취량(g/day)/1,000$$

$$1인1일\ 농약섭취량 = ADI \times 55\ kg$$

$$1인1일\ 농약섭취량\ 대비\ 추정섭취율 = (1일\ 추정섭취량 / 1인1일\ 농약섭취량) \times 100$$

Table 2. Operating condition of GC-MS

Parts	HP-6890GC + 5975MSD	HP-6890GC + TOF
Column	Agilent DB-5MS(30.0 m × 250 μm × 0.25 μm)	Restek RTX-5MS(30.0 m × 250 μm × 0.25 μm)
Carrier gas flow	He, 1.5 mL/min	He, 1.75 mL/min
Injector temp.	260°C	250°C
Split mode	splitless	splitless
Oven temp	100°C(2 min)→10 °C/min→280°C(15 min)	70°C(1.5 min)→20 °C/min→180°C(1 min)→10 °C/min→265°C(1 min)→5 °C/min→300°C(4.5 min)
Scan range	40-550	50-550
MS source temp.	230°C	230°C
MS quad temp.	150°C	260°C

Table 3. Operating condition of LC-MS/MS

Parts	MS/MS																												
Detector	TSQ Quantum ultra, U.S.A																												
Column	Thermo Hypersil gold (2.1 mm × 100 mm, 3 μm)																												
Runtime	20 min																												
Mobile phase	A:0.1% formic acid in methanol, B:0.1% formic acid in water																												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Time</th> <th>A(%)</th> <th>B(%)</th> <th>Flow(mL)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>10</td> <td>90</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>10</td> <td>90</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>100</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>10</td> <td>90</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>10</td> <td>90</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Time	A(%)	B(%)	Flow(mL)	0	10	90	1	1	10	90	1	8	100	0	1	13	100	0	1	15	10	90	1	20	10	90	1
Time	A(%)	B(%)	Flow(mL)																										
0	10	90	1																										
1	10	90	1																										
8	100	0	1																										
13	100	0	1																										
15	10	90	1																										
20	10	90	1																										
Gradient condition																													

Table 4. Operating condition of GC-ECD/NPD

Parts	ECD	NPD
Column	Agilent DB5(30.0 m × 250 μm × 0.25 μm)	Agilent DB5(30.0 m × 250 μm × 0.25 μm)
Carrier gas flow	N <sub>2</sub> , 1.0 mL/min	N <sub>2</sub> , 1.0 mL/min
Injector temp.	260°C	270°C
Detector temp.	280°C	300°C
Split mode	split(50.0:1)	splitless
Oven temp	100°C(2 min)→10 °C/min→180°C(5 min)→10 °C/min→220°C(3 min)→10 °C/min→240°C(2 min)→10 °C/min→300°C(8 min)	120°C(2 min)→10 °C/min→160°C(2 min)→10 °C/min→200°C(10 min)→10 °C/min→300°C(5 min)

Table 5. Operating condition of HPLC-PDA/FLD

Parts	PDA	FLD																																																																								
Detector	Photodiode Array detector, ThermoFisher	Fluorescence detector, Shiseido																																																																								
Column	SP pak C18, MG (4.6 mm × 250 mm, 5 μm)	SP column C18, MG II (4.6 mm × 250 mm, 5 μm)																																																																								
Wavelength	230 nm, 254 nm, 310 nm	Ex : 330 nm, Em : 446 nm																																																																								
post reactor	-	Soma S-3810, Japan																																																																								
reactor temp	-	100°C																																																																								
post reactor pump	-	pump1 : sodium hydroxide reagent (0.05 mL/min) pump2 : o-phthalaldehyde reagent (0.05 mL/min)																																																																								
Runtime	50 min	40 min																																																																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Time</th> <th>A(%)</th> <th>B(%)</th> <th>Flow(mL)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>25</td><td>75</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>2</td><td>25</td><td>75</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>32</td><td>75</td><td>25</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>35</td><td>75</td><td>25</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>40</td><td>75</td><td>25</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>41</td><td>90</td><td>10</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>46</td><td>90</td><td>10</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>47</td><td>25</td><td>75</td><td>1.0</td></tr> </tbody> </table>	Time	A(%)	B(%)	Flow(mL)	0	25	75	1.0	2	25	75	1.0	32	75	25	1.0	35	75	25	1.0	40	75	25	1.0	41	90	10	1.0	46	90	10	1.0	47	25	75	1.0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Time</th> <th>A(%)</th> <th>B(%)</th> <th>Flow(mL)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>30</td><td>70</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>2</td><td>30</td><td>70</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>20</td><td>60</td><td>40</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>25</td><td>70</td><td>30</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>33</td><td>90</td><td>10</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>37</td><td>90</td><td>10</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>37.5</td><td>30</td><td>70</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>40</td><td>30</td><td>70</td><td>1.0</td></tr> </tbody> </table>	Time	A(%)	B(%)	Flow(mL)	0	30	70	1.0	2	30	70	1.0	20	60	40	1.0	25	70	30	1.0	33	90	10	1.0	37	90	10	1.0	37.5	30	70	1.0	40	30	70	1.0
Time	A(%)	B(%)	Flow(mL)																																																																							
0	25	75	1.0																																																																							
2	25	75	1.0																																																																							
32	75	25	1.0																																																																							
35	75	25	1.0																																																																							
40	75	25	1.0																																																																							
41	90	10	1.0																																																																							
46	90	10	1.0																																																																							
47	25	75	1.0																																																																							
Time	A(%)	B(%)	Flow(mL)																																																																							
0	30	70	1.0																																																																							
2	30	70	1.0																																																																							
20	60	40	1.0																																																																							
25	70	30	1.0																																																																							
33	90	10	1.0																																																																							
37	90	10	1.0																																																																							
37.5	30	70	1.0																																																																							
40	30	70	1.0																																																																							
Gradient condition (A: ACN, B: DW)																																																																										

## 결과 및 고찰

### 회수율 및 정량한계

각 농약성분의 회수율은 높은 부적합율을 보이는 항목에 한해 농약표준용액을 조제하여 잔류농약이 검출되지 않은 농산물 중 벼싹류, 과일류, 엽채류에서 두 농도수준으로 처리, 3회 반복하여 측정하였다. 전체적인 회수율은 Table 6과 같이 74.4-119.9% 이었으며 분석오차는 10% 미만이었다. 분석된 농약의 정량한계(LOQ, limit of quantitation)는 0.001-0.015 mg/kg 수준이었다.

Table 6. Recovery and limit of quantitation of violated pesticide

Pesticide	Recovery±RSD(%)	LOQ(mg/kg)
Chlorothalonil	119.9±1.0	0.016
α-Endosulfan	116.3±0.8	0.002
β-Endosulfan	114.5±3.4	0.002
Endosulfan sulfate	114.4±1.0	0.002
Ethoprophos	74.4±1.4	0.001
Fenitrothion	109.8±3.6	0.001
Flutolanil	82.2±9.9	0.011
Phenthoate	104.3±6.1	0.015
Procymidone	94.6±7.4	0.002
Chlorpyrifos	100.7±1.5	0.001
Diazinon	105.0±1.8	0.001
Lufenuron	106.5±3.2	0.003

### 연도별 농산물의 잔류농약 검출 현황

2010년 1월부터 2012년 12월까지 인천 지역 내 도매시장의 경매 전 농산물과 대형유통마트에서 유통 중인 농산물 5,741(2010), 5,370(2011), 4,914(2012) 등 총 16,025건에 대하여 잔류농약분석을 실시하여 분석하였다. 인천지역에는 총 2개의 도매시장에서 경매 및 유통을 담당하는데 각 도매시장에서 경매하기 전 농산물과 경매 후 소비자에게 팔려나가는 농산물을 대상으로 수거하여 검사한 결과, 잔류농약 부적합율은 2010년 1.2%에서 2011년 0.8%, 2012년 0.7%로 다소 감소되는 추세를 보였다(Table 7). 부적합율이 감소하는 경향은 출하농가에 대한 농산물 안전성 홍보 및 부적합 조치 등에 따른 농약사용에 대한 개선효과(Kwon *et al.*, 2010)로 보이며 인천의 경우 1년에 2회씩 농민을 대상으로 한 간담회를 통해 안전한 농약 사용법과 잔류농약 검사 현황을 꾸준히 홍보하고 있다.

### 농약성분별 부적합 농약 현황

2010년부터 2012년까지 부적합 농약을 살펴보면 27 중, 14 중, 16 종으로 2010년도가 부적합 건수도 많고 검출 농약 종류도 많았으나, 그 이후에는 부적합률도 낮아지고 검출농약의 종류도 줄어드는 경향을 보인다. 인천지역 내 부적합 빈도가 높은 농약은 Table 8에 서와 같이 endosulfan, chlorpyrifos, diazinon, lufenuron, chlorothalonil, flutolanil, procymidone, ethoprophos이었다. 이중 endosulfan, chlorpyrifos, diazinon, chlorothalonil, procymidone는 3년간 부적합율이 높은 농약이었고 이는 Jeon 등(2007)과 Kwon 등(2010)의 보고에서도 부적합 빈도가 높은 농약이었다.

**Table 7. Distribution of violations from total surveyed samples in the study**

Market	2010		2011		2012	
	No of collected samples(%)	No of violations (%)	No of collected samples(%)	No of violations (%)	No of collected samples(%)	No of violations (%)
A AWM <sup>1)</sup>	2,907 (50.6) <sup>2)</sup>	34 (1.2) <sup>3)</sup>	2,658 (49.5)	21 (0.8)	2,529 (51.5)	19 (0.8)
B AWM	2,506 (43.7)	35 (1.4)	2,385 (44.4)	24 (1.0)	2,010 (40.9)	15 (0.7)
Wholesale markets	328 (5.7)	1 (0.3)	327 (6.1)	-	375 (7.6)	-
<b>Total</b>	<b>5,741</b>	<b>70 (1.2)<sup>4)</sup></b>	<b>5,370</b>	<b>45 (0.8)</b>	<b>4,914</b>	<b>34 (0.7)</b>

1) Agricultural Wholesale Market  
 2) Percent of collected samples to total samples([2,907/5,741]\*100)  
 3) Percent of violations to total violations([34/2,907]\*100)  
 4) Percent of total violations to total violations([70/5,741]\*100)

**Table 8. List of violated pesticide from 2010 to 2012**

2010		2011		2012	
pesticide	No of violations (27)	pesticide	No of violations (14)	pesticide	No of violations (16)
endosulfan	23	endosulfan	13	chlorpyrifos	7
chlorpyrifos	7	chlorpyrifos	6	chlorothalonil	4
diazinon	7	ethoprophos	5	endosulfan	4
pencycuron	4	procymidone	4	diazinon	3
fludioxonil	3	chlorothalonil	4	bifenthrin	2
indoxacarb	3	fenitrothion	3	ethoprophos	2
kresoxim-methyl	3	epn	3	procymidone	2
lufenuron	3	cadusafos	3	acrinathrin	1
boscalid	2	flutolanil	2	boscalid	1
chlorothalonil	2	diazinon	2	diniconazole	1
flutolanil	2	phenthoate	1	etoxazole	1
methidathion	2	methidathion	1	fenitrothion	1
procymidone	2	lufenuron	1	fludioxonil	1
pyridalyl	2	Indoxacarb	1	flutolanil	1
ethoprophos	2			lufenuron	1
etc.	10			metrafenone	1

endosulfan과 chlorpyrifos는 부적합 빈도가 가장 높은 농약이며, endosulfan은 잔류농약 사용치침서에 의하면 식용작물에는 사용이 금지되고, 담배나 뽕나무에만 사용이 허용된 고독성 농약으로 사용 및 보관에 특별한 주의를 기울여야 함에도 불구하고 꾸준히 검출되고 있다. 특히 endosulfan은 유기염소계 살충제 및 내분비계 장애물질로 잔류성이 강해 인체의 내분비계(호르몬)에 작용하여 호르몬의 분비를 차단, 과잉, 과소 분비토록 하여 정상발육을 방해하며 지방조직에 축적되어 만성중독을 일으킬 수 있고 생식능력 감소, 성장둔화 및 돌연변이를 일으킬 수 있는 가능성이 있는 물질이라 사용

시 안전수칙을 꼭 준수하며 식용작물에서 사용을 금지하기 때문에 토양에 사용할 때에도 주의사항을 꼭 준수하여야 한다. 현재 endosulfan에 의한 부적합율은 비교적 높게 나타나고 있으며(Jeon *et al.*, 2007; Kwon *et al.*, 2010), 이는 작물에 직접 뿌리는 것 외에 토양해충을 박멸하기 위해 토양에 직접 살포하는데, 이 성분이 오랫동안 잔존함으로써 작물로 전이되곤 한다. 그러므로 토양 살포 후에는 충분한 휴지기를 거친 후에 작물을 수확할 수 있도록 별도의 세심한 주의 및 관리가 필요하다(Report of Incheon Institute of Health & Environment, 2010; Report of Busan Institute of

Health & Environment, 2010).

**농산물별 부적합 농약 현황**

인천 내에서 유통 중인 농산물 중 부적합 농작물을 살펴보면, 2010년에는 엽채류 55건(78.6%), 엽경채류 11건(15.7%), 근채류 2건(2.9%), 과채류 2건(2.9%)이며, 2011년에는 엽채류 38건(84.4%), 엽경채류 4건(8.9%), 과채류 3건(6.7%)를 차지했고, 2012년에는 엽채류 25건(78.1%), 엽경채류 4건(12.5%), 근채류 1건(3.1%), 과채류 1건(3.1%), 버섯류 1건(3.1%)이었다. 인천 내 유통 농산물 중에서는 엽채류의 부적합이 3년 내내 75% 이상이었다. 부적합율이 엽채류와 엽경채류에서 높게 나타나는 경향은 이미 보고된바 있으며(Jeon *et al.*, 2007; Kwon *et al.*, 2010) 이는 작물 특성상 살포된 농약의 부착량이 단위 면적 당 다른 작물에 비해 많기 때문이며, 특정 농약의 경우 잔류허용기준이 설정되지 않아 식약청 적용지침에 따라 소분류 중 가장 낮은 기준을 적용한 결과이기도 하다(Choi *et al.*, 2004; Kwon *et al.*, 2010).

유통농산물 중 기준을 초과한 농산물 중 3년 동안 2회 이상 부적합을 보인 농산물은 취나물, 들깻잎, 쪽갯이였으며, 이들 모두는 씻은 후 별도의 조리 과정 없이 바로 섭취가 가능한 농산물들로, 특히 들깻잎은 동일 질량에 비해 상대적으로 표면적이 넓고 표면이 거칠며, 좁은 장소에서 조밀하게 재배되는 특성이 있다. 이들 농산물에서는 유기인계 농약인 chlorpyrifos, diazinon, ethoprophos, fenitrothion, phenthoate와 유기염소계 농약인 endosulfan이 높은 빈도로 기준을 초과하였으며, 농산물 중 부적합 농약에 대한 자료는 Table 9와 같다. 부적합 빈도가 높은 유기인계 농약은 유기염소계에 비해 지

속성이 적어 잔류의 위험이 낮으며 살충력이 강하고 적용해충의 범위가 넓으며 적용농작물의 종류도 다양하지만, 접촉독 및 소화중독을 일으킬 수 있어 사람과 가축에 대한 전파가 용이하다. 앞에서 언급한 바와 같이 endosulfan은 잔류성이 강한 유기염소계 농약으로 척추동물 특히 어류에 독성이 강하여 미국 환경보호청(Environmental Protection Agency)에서 2010년 6월부터 사용을 전면금지하였고(Lee *et al.*, 2011), 우리나라에서도 식용작물에는 사용이 금지되고, 이 농약을 사용할 때는 농약안전사용 특별교육을 받거나 농약 구입 시 판매업 관리인으로부터 농약안전사용교육을 받은 농업인만 사용할 수 있게 취급제한기준을 마련하였으나, 여전히 높은 검출률 및 부적합률을 보이고 있으므로, 철저한 관리 및 홍보를 통해 피해를 줄여야 한다고 사료된다.

**지역별 부적합 추이 분석**

2010년부터 2012년까지 인천 관내에서 유통농산물에 대한 잔류농약검사 결과 중, 기준 초과 농산물을 지역별로 살펴보면, Fig.1에서와 같이 경기, 인천, 충남, 전남에서 부적합 빈도가 높았다. 이는 2003년부터 2005년까지 인천 관내의 잔류농약 실태를 조사 연구한 전 등(2007)의 보고에서와 유사한 지역별 부적합 추이로 경기, 인천, 충남의 경우는 지리적으로 가깝기 때문에 인천광역시 관내에 많이 유통되기 때문이며, 이들 지역에서 출하되는 농산물의 검사건수 대비 부적합률은 모두 1% 내외로 큰 차이는 없었다. 그러나 인천의 경우, 2010년도에는 18건으로 가장 높은 부적합률을 보였으나 그 후 9건, 5건으로 감소하였고, 검사건수 대비 부적합률을 보면 2011년도 0.8%에서 2012년도 0.4%로 감소경향을 보였다.

**Table 9. Number of violated agricultural products**

2010		2011		2012	
commodity	NO	commodity	NO	commodity	NO
Lettuce	9	Perilla leaves	8	Chwinamul	5
Chwinamul	8	Crown daisy	6	Crown daisy	5
Perilla leaves	6	Chwinamul	4	Fresh pepper leaves	4
Spinach	6	Spinach	4	Leek	3
Leek	5	Green & red pepper	3	Chard	2
Crown daisy	5	Korean cabbage	3	Lettuce	2
Brassica leafy vegetables	4	Chicory	2	Perilla leaves	2
Fresh pepper leaves	3	Radish	2		
Chicory	3				
Chard	2				
Dandelion(leaf)	2				
Marsh mallow	2				
Welsh onion	2				
Green garlic	2				
etc.	11		13		11
Total	70		45		34

**Table 10. Pesticides detected in vegetables and assessment of their risk**

Pesticide detected	Commodity	Average concentration (mg/kg)	Daily food intake (g)	MRL (mg/kg)	EDI <sup>1)</sup> (mg/man /day)	ADI <sup>2)</sup> (mg/man /day)	% ADI <sup>3)</sup>
chlorothalonil	Welsh onion	2.7	10.3	2.0	0.02781	1.1	2.52818
	Green garlic	1.5	0.2	1.0	0.00030	1.1	0.02727
	Fresh pepper leaves	6.4	0.4	5.0	0.00256	1.1	0.23273
	pumpkin leaves	9.3	0.3	5.0	0.00279	1.1	0.25364
	Chard	9.5	0.1	5.0	0.00095	1.1	0.08636
	Radish	12.5	23.4	5.0	0.29250	1.1	26.59091
	Ginger	0.9	0.2	0.1	0.00018	1.1	0.01636
	Amaranth	10.1	0.3	5.0	0.00303	1.1	0.27545
chlorpyrifos	Chwinamul	0.13	0.8	0.01	0.00010	0.55	0.01818
	Spinach	0.10	6.6	0.01	0.00066	0.55	0.12000
	Perilla leaves	0.13	1.7	0.01	0.00022	0.55	0.04000
	Lettuce	0.33	3.9	0.01	0.00129	0.55	0.23455
	Crown daisy	0.12	0.6	0.01	0.00007	0.55	0.01273
	Fresh pepper leaves	0.31	0.4	0.01	0.00012	0.55	0.02182
	Welsh onion	0.12	10.3	0.01	0.00124	0.55	0.22545
	Brassica leafy vegetables	0.03	10.8	0.01	0.00032	0.55	0.05818
diazinon	Chard	0.15	0.1	0.01	0.00002	0.55	0.00364
	Chwinamul	1.3	0.8	0.1	0.00104	0.275	0.37818
	Crown daisy	1.0	0.6	0.1	0.00060	0.275	0.21818
	Perilla leaves	1.3	1.7	0.1	0.00221	0.275	0.80364
	Lettuce	1.5	3.9	0.1	0.00585	0.275	2.12727
endosulfan	mustard leaf	0.3	0.7	1.0	0.00021	0.275	0.07636
	Lettuce	0.7	3.9	0.1	0.00273	0.33	0.82727
	Perilla leaves	0.7	1.7	0.1	0.00119	0.33	0.36061
	Chicory	0.6	0.1	0.1	0.00006	0.33	0.01818
	Leek	0.5	1.7	0.1	0.00085	0.33	0.25758
	Wild garlic	1.8	0.2	0.1	0.00036	0.33	0.10909
	Welsh onion	1.8	10.3	0.1	0.01854	0.33	5.61818
	Green & red pepper	0.7	3.6	0.1	0.00252	0.33	0.76364
	Radish	0.5	23.4	0.1	0.01170	0.33	3.54545
	Brassica leafy vegetables	0.8	10.8	0.1	0.00864	0.33	2.61818
	Marsh mallow	2.0	0.8	0.1	0.00160	0.33	0.48485
	Chard	1.4	0.1	1.0	0.00014	0.33	0.04242
	Korean cabbage	0.5	10.8	0.2	0.00540	0.33	1.63636
	Spinach	0.8	6.6	0.1	0.00528	0.33	1.60000
endosulfan	Crown daisy	0.7	0.6	0.1	0.00042	0.33	0.12727
	Ginger	0.4	0.2	0.1	0.00008	0.33	0.02424
	Fresh pepper leaves	0.2	0.4	0.1	0.00008	0.33	0.02424
	mushroom	0.15	0.3	0.05	0.00005	0.33	0.01515
	sowthistle	0.8	0.1	0.1	0.00008	0.33	0.02424
	Chwinamul	1.0	0.8	0.1	0.00080	0.33	0.24242

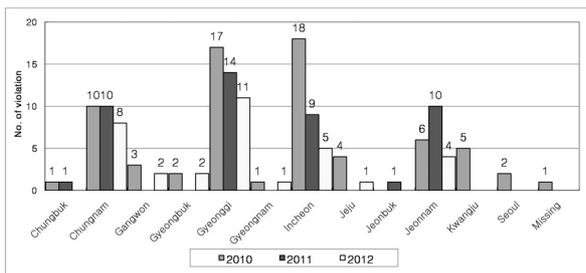
Pesticide detected	Commodity	Average violation (mg/kg)	Daily food intake (g)	MRL (mg/kg)	EDI <sup>1)</sup> (mg/man/day)	ADI <sup>2)</sup> (mg/man/day)	% ADI <sup>3)</sup>
ethoprophos	Crown daisy	0.85	0.6	0.02	0.00051	0.022	2.31818
	Perilla leaves	0.25	1.7	0.02	0.00043	0.022	1.95455
fenitrothion	Chwinamul	1.6	0.8	0.2	0.00128	0.33	0.38788
	Green & red pepper	0.3	3.6	0.1	0.00108	0.33	0.32727
flutolanil	Green garlic	0.24	0.2	0.05	0.00005	4.95	0.00101
	Chwinamul	3.1	0.8	0.7	0.00248	4.95	0.05010
	Leek	0.12	1.7	0.05	0.00020	4.95	0.00404
lufenuron	waterdropwort	0.80	0.4	0.05	0.00032	4.95	0.00646
	Spinach	1.1	6.6	0.2	0.00726	0.77	0.94286
	kale	6.1	0.5	2.0	0.00305	0.77	0.39610
phenthoate	Fresh pepper leaves	1.4	0.4	0.2	0.00056	0.77	0.07273
	Chwinamul	0.4	0.8	0.1	0.00032	0.165	0.19394
	Crown daisy	1.0	0.6	0.5	0.00060	0.165	0.36364
procymidone	Leek	18.6	1.7	5.0	0.03162	5.5	0.57491
	Welsh onion	14.6	10.3	5.0	0.15038	5.5	2.73418
	Radish	9.3	23.4	5.0	0.21762	5.5	3.95673
	Spinach	7.6	6.6	5.0	0.05016	5.5	0.91200

<sup>1)</sup>Detected concentration(mg/kg) × Daily food intake(g)/1,000  
<sup>2)</sup>ADI(mg/man/day)\*55 kg(Average body weight of Korean adults)  
<sup>3)</sup>(EDI/ADI) × 100

이는 2010년도에 실시한 인천관내 부적합 농산물에 대한 사후 조치의 일환으로 직접 농장을 방문해 재배 시설을 확인하고, 오염이 될만한 토양, 농업용수, 작물들에 대한 종합적 평가와 농약 사용에 대한 집중교육 및 관리를 통해 위험요소를 제거한 효과로 보여진다. 농산물품질관리원이나 농촌진흥청 및 농업기술센터 등에서 꾸준한 안전사용 교육을 실시하더라도 매년 기온, 습도, 일조량이 다르며, 농약 처리량, 사용 패턴, 대상작물 및 여러 가지 요인들이 작물의 생장에 관여(Oh, 2000)하므로 안전한 농산물을 공급하기 위한 꾸준한 관심과 노력이 필요하다.

**잔류농약의 안전성평가**

인천 관내에서 유통 농산물 중 부적합이 자주 발생하는 10종의 농약에 대한 위해성 평가를 위해, 부적합 농산물의 섭취로 인체에 흡수될 1인1일 농약섭취량 대비 1일 추정섭취량으로 살펴보았다. 검출된 농약에 대한 위해성은 부적합 평균값으로부터 구한 1일 추정섭취량(EDI)을 1인1일 농약섭취량으로 나누어 구한 %값으로 평가하였다(Table10). 검출된 10종의 농약 모두에서 1인1일 농약섭취량 대비 1일 추정섭취량 비율은 3% 미만이었으나 chlorothalonil은 무에서, endosulfan은 무와 파에서, procymidone은 무에서 3% 이상의 수치가 나왔다. 특히 무에서 chlorothalonil은 26%로 가장 높았다. 무와 파에서 1인1일 농약섭취량 대비 1일 추정섭취량 비율이 높은 이유는 검출된 농약의 농도가 높고 ADI가 상대적으로 낮으며 식품섭취량이 다른 작물에 비해 많기 때문으로 보인다. 이를 제외하고는 1인1일 농약섭취량 대비 1일 추정섭취량이 모두 3% 미만으로, 부적합 농산물이지만 인체에 대한 위해성은 낮은 것으로 사료된다(Noh *et al.*, 2010; Ahn *et al.*, 2012; Do *et al.*, 2012). 세척과 조리과정 등을 통해 실제 섭취하는 농약의 잔류량은 줄어들게 되며(Han *et al.*, 2003) 결과적으로 인체 위해도도 감소한다고 보고된바 있으므로(Lee *et al.*, 2012) 1일 식이 섭취량이 많은 농산물은 섭취 전 꼼꼼한 세척과 조리과정이 필요할 것으로 사료된다.



**Fig. 1. Provincial trend on violation of pesticides from 2010 to 2012.**

## 요 약

2010년부터 2012년까지 인천광역시에서 유통되고 있는 농산물 총 16,025 건에 대한 잔류농약검사를 실시한 결과 부적합률은 1.2%, 0.8%, 0.7%로 약간의 감소 추세를 보였다. 최근 3년간 부적합이 이력이 높은 농약은 endosulfan, chlorpyrifos, diazinon, lufenuron, chlorothalonil, flutolanil, procymidone, ethoprophos 순이었으며, 전체농산물 중 엽채류가 75% 이상을 차지하였고, 엽채류 중에서 취나물, 들깻잎, 쑥갓이 전체의 35%를 차지하였다. 지역별로는 경기, 인천, 충남, 전남에서 생산된 농산물에서 부적합 빈도가 높으나 지역별 출하 농산물의 검사건수 대비 부적합률은 모두 1% 내외로 큰 차이는 없었다. 특히 인천의 경우, 농산물의 부적합률이 매년 감소하는 경향을 보였다. 부적합이 자주 발생하는 10 종의 농약 모두에서 1인1일 농약섭취량 대비 1일 추정섭취량은 무와 파를 제외하고 3% 미만으로 인체에 대한 위해성은 낮은 것으로 평가되었다.

## 참고문헌

- Ahn, J.W., Jeon, Y.H., Hwang, J.I., Kim, H.Y., Kim, J.H., Chung, D.H., Kim, J.E., 2012. Monitoring of pesticide residues and risk assessment for fruit vegetables and root vegetables of environment-friendly certified and general agricultural products, *Korean J. Environ. Agri.* 31, 164-169.
- Chio, G.Y., Kim, J.H., Han, B.J., Jeong, Y.M., Seo, H.Y., Shim, S.L., Kim, K.S., 2004. Characteristic of decomposition of residual pesticides on diazinon and endosulfan in young radish, *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 47, 238-234.
- Choi, J.M., Yook, D.H., Hong, C.K., Kim, T.R., Hwang, Y.S., Hwang, I.S., Kim, J.H., Kim, M.S., Chae, Y.Z., 2011. Monitoring of residual pesticides in agricultural land from the southern area of Seoul, *Korean J. Pestic. Sci.* 15, 160-165.
- Chung, Y.H., Kim, J.E., Kim, J.H., Lee, Y.D., Lim, C.H., Heo, J.H., 2004. The latest pesticides, pp.1-11, second ed. sigmapress, Korea.
- Do, Y.S., Kim, J.B., Kang, S.H., Um, M.N., Park, Y.B., Oh, M.S., Yon, M.H., 2012. Risk assessment of pesticide residues in fruits collected in Gyeonggi-do, Korea from 2006 to 2010, *Korean J. Pestic. Sci.* 16, 85-97.
- Han, K.T., Lee, K.S., Lee, E.K., Lee, Y.J., Ko, K.Y., Won, D.J., Lee, J.W., Kwon, S.D., 2003. Pesticide residue survey and estimate intake amount of vegetables in Noeun wholesale market, Daejeon, *Korean J. Environ. Agri.* 22, 210-214.
- Jeon, J.S., Kwon, M.J., O, S.H., Kim, H.Y., Go, J.M., Kim, Y.H., 2007. A Survey on the pesticide residues on agricultural products on markets in Incheon area from 2003 to 2005, *Korean J. Environ. Agri.* 25, 180-189.
- Kim, H.Y., Jeon, Y.H., Hwang, J.I., Kim, J.H., Ahn, J.W., Chung, D.H., Kim, J.E., 2011. Monitoring of pesticide residues and risk assessment for cereals and leafy vegetables of certificated and general agricultural products, *Korean J. Environ. Agri.* 30, 440-445.
- Korea Food & Drug Administration, 2011. Korean Food Standards Codex
- Korea Food & Drug Administration, 2012. Practical commentary Korean Food Standards Codex pesticide residues analysis method, pp. 78-104, third ed.
- Kwon, S.M., Park, E.H., Kang, J.M., Jo, H.C., Jin, S.H., Yu, P.J., Ryu, B.S., Jeong, G.H., 2010. Pesticide residues survey on agricultural products before auction at whole market in Busan area during 2006-2008, *Korean J. Pestic. Sci.* 14, 86-94.
- Lee, E.Y., Noh, H.H., Park, Y.S., Kang, K.W., Jo, S.Y., Lee, S.R., Park, I.Y., Kim, T.H., Jin, Y.D., Kyung, K.S., 2008. Monitoring of pesticide residues in agricultural products collected from markets in Cheongju and Jeonju, *Korean J. Pestic. Sci.* 12, 357-362.
- Lee, J.Y., Noh, H.H., Lee, K.H., Park, S.H., Kyung, K.S., 2012. Monitoring of pesticide residues in commercial environment-friendly stalk and stem vegetables and leafy vegetables and risk assessment, *Korean J. Pestic. Sci.* 16, 43-53.
- Lee, M.J., Kim, M.G., Jeong, H.R., Yun, H.J., Kim, N.Y., Kim, H.T., Kim, C.Y., Lee, W.H., Yoon, M.H., 2011. Residual pesticides in dried agricultural products collected from Gyeonggi province, *Korean J. Pestic. Sci.* 15, 238-245.
- Noh, H.H., Kang, K.W., Park, Y.S., Park, H.K., Lee, K.H., Lee, J.Y., Yeop, K.W., Lee, E.Y., Jin, Y.D., Kyung, K.S., 2010. Monitoring and risk assessment of pesticide residues in agricultural products collected from wholesale and traditional markets in cheongju, *Korean J. Pestic. Sci.* 14, 1-9.
- Noh, H.H., Park, Y.S., Kang, K.W., Park, H.K., Lee, K.H., Lee, J.Y., Yeop, K.W., Choi, S.R., Kyung, K.S., 2010. Monitoring of pesticide residues in leafy vegetables collected from wholesale and traditional markets in cheongju, *Korean J. Pestic. Sci.* 14, 381-393.
- Oh, B.Y. 2000. Assessment of pesticide residue for food safety and environment protection, *Korean J. Pestic. Sci.* 4, 1-11.