

국내 유통 다소비 농산물의 잔류농약 모니터링 및 노출평가

강남숙* · 김성철 · 강운정 · 김도형 · 장진욱 · 원세라 · 현재희 · 김동언 · 정일용 · 이규식¹ · 신영민
정동윤 · 김상엽 · 박주영 · 권기성 · 지영애

부산식품의약품안전청 유해물질분석팀, ¹식품의약품안전청 식품안전평가원 잔류물질과

Monitoring and Exposure Assessment of Pesticide Residues in Domestic Agricultural Products

Namsuk Kang*, Seongcheol Kim, Yoonjung Kang, Dohyeong Kim, Jinwook Jang, Sera Won, Jaehee Hyun,
Dongeon Kim, Il Yong Jung, Gyuseek Rhee¹, Yeongmin Shin, Dong Yun Joung, Sang Yub Kim,
Juyoung Park, Kisung Kwon and Youngae Ji

Hazardous Substances Analysis Team, Busan Regional Food and Drug Administration, Busan 608-080, Korea

¹Pesticide and Veterinary Drug Residues Division, National Institute of Food and Drug Safety Evaluation,
Cheongwon 363-700, Korea

(Received on February 16, 2015. Revised on February 25, 2015. Accepted on March 24, 2015)

Abstract This study was implemented to evaluate food safety on residual pesticides in agricultural products of Korea and to use as a data base for the establishment of food policy. A total of 196 pesticide upon these products were analyzed using multi class pesticide multiresidue methods of Korean Food Code, and 232 samples of 15 agricultural products collected from 9 regions were supplied for this study. In the results, 64 kinds of pesticides were detected in 53 samples, chlorpyrifos and procymidone of them were shown a high frequency of detection in the analyzed pesticides. Among them, two samples (chlorpyrifos in perilla leaves and picoxystrobin in peach) were detected over Maximum Residue Limits (MRLs). The levels of the detected pesticide residues were within safe levels. Also, the intake assessment for pesticide residues including chlorpyrifos at multi pesticide residue monitoring were carried out. The result showed that the ratio of EDI (estimated daily intake) to ADI (acceptable daily intake) was 0.001~0.902% which means that the detected pesticide residues were in a safe range so that residual pesticides in the agricultural products in Korea are properly controlled.

Key words agricultural commodities, monitoring, residual pesticide, exposure assessment

서 론

국민의 소득 증가로 삶이 여유로워짐에 따라 소비자들의 식품 안전에 대한 관심이 매우 높아지고 있다. 특히 대다수의 소비자들은 농작물의 병해충 및 잡초방제 등의 목적으로 사용되고 있는 농약이 완전히 제거되지 않고 식품에 잔류하여 인체에 악영향을 미치지 않을까 하는 막연한 불안감을 가지고 있다(09 식품 중 잔류농약에 관한 소비자 인식도 조

사, 식품의약품안전청). 이와 같이 잔류농약에 대해 불안감을 가지는 데에는 여러 가지 이유가 있겠지만 가장 주된 원인은 가끔씩 보도되는 농약 안전사고 등으로 인하여 농약을 독극물처럼 인식하고 있기 때문으로 생각된다. 최근 유기농·친환경·저농약 농산물이 소비자에게 각광을 받고 있지만, 이들 만으로는 우리가 필요로 하는 만큼 충분한 양의 농산물을 공급할 수 없기 때문에 잘 관리된 농약의 사용이 꼭 필요하다.

세계 각 국에서는 농산물의 안전성을 확보하기 위하여 지속적으로 잔류농약 모니터링을 실시하고 있으며, 농산물의 수입 개방으로 인해 늘어나는 농산물과 새롭게 개발되는 농

*Corresponding author

Tel: +82-51-610-6144, Fax: +82-51-610-6159

E-mail: kangns97@korea.kr

약에 대한 안전성을 확보하기 위해 노력하고 있다.

우리나라는 1968년부터 잔류농약 모니터링을 실시하였으며, 1988년 9월 처음으로 17종 농약에 대한 잔류허용기준을 처음으로 설정한 이후, 현재까지 농산물 441종, 인삼 78종, 축산물 82종을 대상으로 잔류허용기준이 설정하여 관리하고 있다(식품공전, 2014). 또한 검출이력이 있거나 집중관리가 필요한 농약을 대상으로 1998년부터 국가잔류농약모니터링 사업을 시작하여 현재까지 매년 수행하고 있으며 그 결과를 식품 위생 정책에 반영하고 있다(Do 등, 2013). 특히, 2011년 중국에서 작물의 수확량과 품질향상을 위해 사용하는 성장조정제의 오남용으로 발생한 ‘불임오이’, ‘폭탄수박’ 사건과 관련하여 2012년부터는 기존 모니터링 연구 사업에 성장조정제를 추가하여 모니터링을 수행하고 있으며 대상품목도 성장조정제 사용 가능성이 큰 과채류와 과일류를 중심으로 하고 있다.

본 연구에서는 국내 유통 농산물 중 섭취량이 높은 농산물 15품목(과채류 및 과일류 중심)을 대상으로 성장조정제 포함 농약 196종을 모니터링하여 농산물에서 농약사용실태를 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 분석대상 농약

2013년 5월부터 10월까지 전국 9개 도시(서울, 부산, 인천, 수원, 대구, 대전, 광주, 울산, 창원) 15지점의 농산물 도매시장과 대형마트에서 유통되고 있는 농산물 15품목 232건을 대상으로 잔류농약을 검사하였다(Table 1). 수거지역은 인구 백만 이상 인 도시의 인구 분포를 고려하여 확률비례 추출

법으로 선정하였다(MSPA, 2012). 분석대상 농약은 많이 사용되고 있는 유기인계, 유기염소계를 비롯한 다양한 계열의 농약 196종으로 하였다(Table 2).

시약 및 기기

196종의 농약 표준품은 Dr. Ehrenstorfer GmbH, Supelco, Chem Service, Reidel-de haen, Sigma-Aldrich, Wako 및 Fluka 사로부터 구입하여 사용하였다. 시료 전처리 과정 중 추출 및 정제를 위해 사용한 유기용매(acetonitrile, acetone, dichloromethane)는 Merck사의 잔류농약 분석용 특급시약(pesticide residue analysis grade)을 사용하였으며, 시료의 정제를 위해 사용된 florisil SPE cartridge (1,000 mg, 6 mL)와 carbon SPE cartridge (500 mg, 6 mL)는 Agilent 사 제품을 사용하였다. 분석에 사용된 GC/MSMS는 CP-3800 Gas Chromatography가 연결된 Varian 1200L Triple Quadrupole (Varian, USA)을 사용하였고, 칼럼은 잔류농약 분석에 주로 사용하는 비극성칼럼인 BR-5MS (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm, Varian, USA)를 사용하였다.

잔류농약 분석

잔류농약의 시료 채취 및 전처리 방법은 식품공전의 잔류농약 시험법 중 다중농약다성분 분석법(제2법)에 따라 실시하였다. 즉, 시료 50 g에(곡류 및 콩류의 경우 물 30 mL를 넣고 2시간 방치) 아세트니트릴 100 mL를 넣은 후 2~3분간 균질화하고 감압여과하였다. 여액에 염화나트륨 10~15 g을 넣고 1분간 세게 흔들어 섞은 후 약 1시간 정지하여 아세트니트릴과 물 층을 분리시켰다. 상등액(아세트니트릴 층)에 아세트니트릴을 첨가하여 100 mL로 정용하고 1/5을 취하여

Table 1. List of agricultural products collected

Type	Commodity	No. of sample	
Cereal grains	Rice	16	
Potatoes	Potato	15	
Beans	Soybean	15	
Fruits	Apple	16	
	Pear	15	
	Orange	15	
	Peach	15	
	Strawberry	19	
	Banana	15	
	Watermelon	15	
Vegetables	Fruiting vegetables	Tomato	16
		Squash	15
		Cucumber	15
	Leafy vegetables	Perilla leaves	15
	Root and stem vegetables	Radish (root)	15

Table 2. Pesticides for GC-MS/MS analysis

No.	Pesticide	No.	Pesticide	No.	Pesticide
1.	Acinathrin	46.	Deltamethrin	92.	Flutolanil
2.	Aldrin	47.	Diallate	93.	Fluvalinate
3.	Dieldrin	48.	Diazinon	94.	Folpet
4.	Allidochlor	49.	Dichlofluanid	95.	Fonofos
5.	Ametryn	50.	Dichlorvos(DDVP)	96.	Fosthiazate
6.	Anilofos	51.	Dicloran	97.	Fthalide
7.	Atrazine	52.	Dicofol	98.	Furathiocarb
8.	Azaconazole	53.	Diethofencarb	99.	Heptachlor
9.	Azinphos-ethyl	54.	Diflufenican	100.	Heptachlor-epoxide
10.	Azinphos-methyl	55.	Dimepiperate	101.	Hexachlorbenzene
11.	BHC (α , β , δ -)	56.	Dimethachlor	102.	Imazalil
12.	Bifenthrin	57.	Dimethenamid	103.	Indanofan
13.	Binapacryl	58.	Dimethoate	104.	Indoxacarb
14.	Bromacil	59.	Dimethylvinphos	105.	Iprobenfos
15.	Bromobutide	60.	Diniconazole	106.	Iprodione
16.	Bromophos-methyl	61.	Diphenamid	107.	Iprovalicarb
17.	Bromopropylate	62.	Diphenylamine	108.	Isazofos
18.	Bupirimate	63.	Dithiopyr	109.	Isofenphos
19.	Butafenacil	64.	Edifenphos	110.	Isofenphos-methyl
20.	Cadusafos	65.	Endosulfan (α , β , sulfate)	111.	Isoprothiolane
21.	Captafol	67.	Endrin	112.	Isoxanthion
22.	Captan	68.	EPN	113.	Kresoxim-methyl
23.	Carbophenothion	69.	Esprocarb	114.	Lactofen
24.	Chinomethionat	70.	Ethion	115.	Lindane (r-BHC)
25.	Chlordane	71.	Ethoprophos	116.	Malathion
26.	Chlorfenapyr	72.	Etoxazole	117.	Mecarbam
27.	Chloridazon	73.	Etrimfos	118.	Mefenacet
28.	Chlorobenzilate	74.	Fenamidone	119.	Mefenpyr-diethyl
29.	Chlorothalonil	75.	Fenarimol	120.	Mepronil
30.	Chlorpyrifos	76.	Fenazaquin	121.	Metconazole
31.	Chlorpyrifos-methyl	77.	Fenbuconazole	122.	Methidathion
32.	Chlorthal-dimethyl	78.	Fenitrothion	123.	Methoxychlor
33.	Cinmethylin	79.	Fenobucarb	124.	Metrafenone
34.	Clomeprop	80.	Fenothiocarb	125.	Molinate
35.	Cyanazine	81.	Fenoxanil	126.	Myclobutanil
36.	Cyanophos	82.	Fenoxycarb	127.	Nitrapyrin
37.	Cycloate	83.	Fenpropathrin	128.	Nitrothal-isopropyl
38.	Cyflufenamid	84.	Fenthion	129.	Nonachlor (cis, trans-)
39.	Cyfluthrin	85.	Fenvalerate	130.	Nuarimol
40.	Cyhalofop-butyl	86.	Fipronil	131.	Ofurace
41.	Cyhalothrin	87.	Fonicamid	132.	Oxadixyl
42.	Cypermethrin	88.	Fludioxonil	133.	Oxydemeton-methyl
43.	Cyproconazole	89.	Flumiclorac-pentyl	134.	Paclobutrazol
44.	Cyprodinil	90.	Flumioxazine	135.	Parathion-ethyl
45.	DDT(o,p-DDT, p,p-DDD, p,p-DDE, p,p-DDT)	91.	Fluthiacet-methyl	136.	Parathion-methyl

Table 2. continued

No.	Pesticide	No.	Pesticide	No.	Pesticide
137.	Pebulate	157.	Propazine	177.	Terbufos
138.	Penconazole	158.	Propham	178.	Terbuthylazine
139.	Pendimethalin	159.	Pripisochlor	179.	Tetrachlorvinphos
140.	Pentoxazone	160.	Propyzamide	180.	Tetradifon
141.	Permethrin	161.	Prothiofos	181.	Thiazopyr
142.	Phenthoate	162.	Pyraclofos	182.	Thifluzamide
143.	Phosalone	163.	Pyrazophos	183.	Thiometon
144.	Phosmet	164.	Pyridaben	184.	Tolclofos-methyl
145.	Phosphamidone	165.	Pyridaryl	185.	Tolfenpyrad
146.	Picolinafen	166.	Pyrifenox	186.	Tolyfluanid
147.	Picoxystrobin	167.	Pyrimidifen	187.	Tralomeethrin
148.	Piperophos	168.	Pyriminobac-methyl	188.	Triadimefon
149.	Pirimicarb	169.	Quinalphos	189.	Triazophos
150.	Pirimiphos-ethyl	170.	Quintozene (Methyl pentachlorophenyl sulfide, Pentachloroaniline)	190.	Tribufos
151.	Pirimiphos-methyl	171.	Simeconazole	191.	Triflumizole
152.	Probenazole	172.	Sulprofos	192.	Trifluronon
153.	Prochloraz	173.	TCMTB	193.	Uniconazole
154.	Procymidone	174.	Tebufenpyrad	194.	Vernolate
155.	Profenofos	175.	Tebupirimfos	195.	Vinclozolin
156.	Propachlor	176.	Tefluthrin	196.	Zoxamide

Table 3. GC/MSMS operating conditions for the analysis of pesticides

Column	BR-5MS (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm)			
Detector	1200L quadrupole MS/MS (Varian, USA)			
	Rate (°C/min)	Temp. (°C)	Hold (min)	Time (min)
Oven temperature	Initial	70	3	3
	20	180	0	8.5
	5	300	7.5	40
Inject temperature	280°C			
Injection volume	2 μL			
Source temperature	200°C			
Transfer line temperature	250°C			
Carrier gas	Helium			
Filament-multiplier delay	4 min			
Flow rate	0.8 mL/min			

40°C 이하의 수욕 중에서 감압농축 하여 용매를 휘발시켰다. 이 잔류물을 20% 아세톤 함유 헥산 4 mL에 녹인 후 이를 미리 5 mL의 헥산과 5 mL의 20% 아세톤 함유 헥산으로 활성화시킨 carbon 카트리지에 시료용액을 넣고 초당 1~2 방울 정도의 속도로 용출시켜 받았다. 카트리지에 젖어있는 상태에서 20% 아세톤 함유 헥산 5 mL로 용출시킨 후 이를 미리 5 mL의 헥산과 5 mL의 20% 아세톤 함유 헥산으로 활성화시킨 florasil 카트리지에 시료용액을 넣고 추가로 15 mL의 20% 아세톤 함유 헥산으로 용출시켜 농축하였다. 이

를 아세톤으로 5mL로 녹인 후 멤브레인 필터(PTFE, 0.2 μm)로 여과하여 시험용액으로 하였다. GC/MSMS 기기분석 조건 및 각 농약 성분 별 MRM(Multiple Reaction Monitoring) 조건은 Table 3과 같다.

결과 및 고찰

회수율 분석

농약 표준품은 농도별(0.025, 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 0.75,

Table 4. Detection rate of pesticides residue in agricultural products

Sample	No. of sample	No. of samples with residues below or at MRL	% samples with residues below or at MRL	No. of samples with residues above MRL	% samples with residues above MRL
Rice	16	2	12.5	0	0.0
Potatoes	15	0	0.0	0	0.0
Beans	15	0	0.0	0	0.0
Apple	16	6	40.0	0	0.0
Pear	15	2	13.3	0	0.0
Orange	15	7	46.7	0	0.0
Peach	15	13	86.7	1	6.7
Strawberry	19	5	26.3	0	0.0
Banana	15	8	53.3	0	0.0
Watermelon	15	3	20.0	0	0.0
Tomato	16	4	25.0	0	0.0
Cucumber	15	3	20.0	0	0.0
Squash	15	1	6.7	0	0.0
Perilla leaves	15	8	53.3	1	6.7
Radish (root)	15	0	0.0	0	0.0
Total	232	62	26.7	2	0.9

1.0 mg/kg)로 분석하여 검량선을 작성하였으며, 직선성(R²)은 0.99 이상으로 분석구간에서 양호하였다. 검출한계(LOD)는 S/N ratio가 3이상, 정량한계(LOQ)는 S/N ratio가 10이상을 기준으로 측정하였다. 그 결과 binapacryl, captan, fluvalinate, isoxanthion은 검출한계 0.01 mg/kg, 정량한계 0.02 mg/kg이었으며, 그 외의 농약성분들은 정량한계 0.01 mg/kg 이하로 나타났다. 본 연구의 회수율은 6개 농산물(쌀, 대두, 감귤, 고추, 감자, 느타리버섯)을 대상으로 농도별 (0.05, 0.1, 0.5 mg/kg) 3반복씩 수행하였으며 대부분의 농약 성분이 60~130% 범위로 나타났다.

모니터링 결과

전국 9개 지역에서 수거된 15품목 232건의 농산물을 대상으로 잔류농약 모니터링을 실시하였다. 그 결과 53건의 시료에서 64(중복 검출된 농약 포함)종의 농약이 검출되었다. 검출된 농약 중 62종(26.7%)은 잔류허용기준 이하로 안전한 수준이었으며, 2종(0.9%)은 허용기준이 초과되었다 (Table 4). 농약이 검출된 품목은 주로 과실류(43.2%)와 엽채류(20.9%)였다. 이는 다른 농산물에 비해 농약 살포가 빈번하고 수확이 연속적으로 이루어지기 때문에 수확과 근접하여 살포된 농약이 잔류하였기 때문으로 사료된다. 잔류허용 기준이 초과된 농산물 중 껌잎은 chlorpyrifos가 0.39 mg/kg (MRL, 0.01 mg/kg)이 검출되었으며 복숭아는 picoxystrobin이 0.4 mg/kg (MRL, 0.3 mg/kg) 검출되었다. Chlorpyrifos는 껌잎에는 미등록된 농약으로 초과 검출 원인을 조사한 결과 해당 농민이 chlorpyrifos를 사용한 기구를 세척하지 않고 다른 농약을 혼합하여 껌잎에 살포한 것으로 밝혀

졌다. 복숭아에서 초과 검출된 picoxystrobin도 복숭아에는 미등록된 농약으로 해당 농민이 복숭아 밭 주변의 감나무에 picoxystrobin을 살포한 직후 복숭아를 수확하여 판매함에 따라 비산에 의한 오염이 원인인 것으로 조사되었다. 이는 해당농민이 의도적으로 미등록 농약을 사용한 것이 아니라 농약안전사용기준을 준수하지 않아 발생한 것으로 생각된다. 이러한 결과는 2014년도 식품안전관리지침(식약처)의 농산물 중 부적합농약 현황(‘11~’13)에서 부적합 발생빈도가 높은 농약 중 대부분이 해당작물에 미등록된 농약인 점과 유

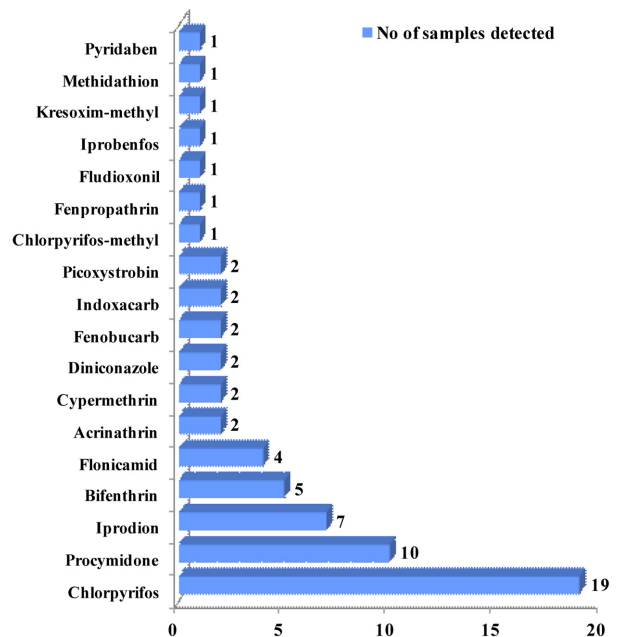


Fig. 1. Most frequently found pesticides in samples.

Table 5. List of pesticides detected from agricultural products

Pesticide	Class	Uses	Sample	Amount (mg/kg)	MRLs
Acrinathrin	Pyrethroids	Insecticide	Peach	0.07~0.08	0.2
			Apple	0.03	0.5
Bifenthrin	Pyrethroids	Insecticide	Banana	0.03~0.07	0.1
			Peach	0.03~0.03	0.3
			Apple	0.03~0.04	0.1
			Banana	0.03~0.05	0.25
Chlorpyrifos	Oranophosphate	Insecticide	Orange	0.03~0.08	0.3
			Peach	0.04~0.08	0.5
			Pear	0.03~0.05	1.0
			Perilla leaves	0.39	0.1
Chlorpyrifos-methyl	Oranophosphate	Insecticide	Perilla leaves	0.01	0.1
Cypermethrin	Pyrethroids	Insecticide	Perilla leaves	0.08~0.28	5.0
Diniconazole	Triazole	Fungicide, Plant growth regulator	Perilla leaves	0.07~0.1	0.3
			Apple	0.02	0.5
Fenobucarb	Carbamate	Insecticide	Rice	0.03	0.5
			Orange	0.08	5.0
Fenpropathrin	Pyrethroids	Insecticide	Peach	0.08~0.08	1.0
			Strawberry	0.06	1.0
Flomicamid	Niacin	Insecticide	Tomato	0.09	0.7
			Apple	0.05	0.1
Fludioxonil	Cyanopyrrole	Fungicide	Perilla leaves	0.58	20
			Rice	0.04	0.2
Iprobenfos	Oranophosphate	Fungicide, Plant growth regulator	Apple	0.37	10.0
			Banana	0.3~2.4	5.0
			Cucumber	0.09	5.0
Iprodione	Dicarboximide	Fungicide	Tomato	0.04	5.0
			Watermelon	0.04	0.2
			Perilla leaves	0.08	0.1
Kresoxim-methyl	Strobilurim	Fungicide	Peach	0.09	0.2
Methidathion	Oranophosphate	Insecticide	Cucumber	0.03	0.3
			Peach	0.44	0.3
Picoxystrobin	Strobiluron	Fungicide	Cucumber	0.03	2.0
			Perilla leaves	0.03	5.0
			Squash	0.03	1.0
			Strawberry	0.01~0.06	10.0
			Tomato	0.02	5.0
Procymidone	Dicarboximid	Fungicide	Watermelon	0.01~0.03	2.0
			Tomato	0.05	1.0
			Pyridaben	Pyridazinone	Insecticide

사한 경향을 보였다.

조사대상 농산물의 농약별 검출분포를 살펴보면, 분석된 196종의 농약 중 중복 검출된 농약을 제외하여 18종의 농약이 검출되었으며 chlorpyrifos (19건), procymidone (10건) 및 iprodione (7건)이 높은 빈도로 검출되었다(Fig. 1, Table 5). 이러한 결과는 2014년도 식품안전관리지침(식약처)의 최

근 3년간('11~'13) 농산물 중 부적합농약 현황에서 이들 농약의 부적합 빈도가 높은 것과 유사한 경향을 보였다. 또한 황 등의 보고에 의하면 2004~2008년 가락동 농산물도매시장에서 유통되는 농산물의 잔류농약을 분석한 결과 organophosphate계, organochlorine계 및 dicarboximide계열 농약의 검출률이 현저히 감소하고 있는 추세를 보이지만 여전히

Table 6. Exposure assessment of pesticides in agricultural products

No.	Pesticide	ADI* (mg/person/day)	EDI** (mg/person/day)	EDI/ADI (%)
1	Acrinathrin	0.55	1.22E-03	0.221
2	Bifenthrin	0.55	3.10E-04	0.056
3	Chlorpyrifos	0.55	7.95E-04	0.145
4	Chlorpyrifos-methyl	0.55	2.38E-04	0.043
5	Cypermethrin	1.10	2.42E-03	0.220
6	Diniconazole	1.10	1.21E-03	0.110
7	Fenobucarb	0.66	7.91E-04	0.120
8	Fenpropathrin	1.65	2.87E-04	0.017
9	Flonicamid	1.38	3.21E-04	0.023
10	Fludioxonil	22.00	2.36E-04	0.001
11	Indoxacarb	0.55	2.51E-03	0.457
12	Iprobenfos	1.93	8.28E-04	0.043
13	Iprodione	3.30	2.49E-03	0.076
14	Kresoxim-methyl	22.00	1.19E-03	0.005
15	Methidathion	0.06	4.96E-04	0.902
16	Picoxystrobin	2.37	3.73E-04	0.016
17	Procymidone	5.50	1.36E-03	0.025
18	Pyridaben	0.55	1.18E-03	0.215

* acceptable daily intake

** estimated daily intake

다른 농약에 비해 검출 빈도는 높게 나타난다고 보고하였는데, 본 연구 결과에서도 유기인계와 dicarboximide계열 농약이 많이 검출되어 유사한 경향을 보였다(Hwang 등, 2008). 그리고 검출된 농약의 제품 급성독성이 높은 정도를 비교해보면 고독성인 methidathion 1종을 제외하고는 모두 저독성 또는 보통독성에 해당되었으며 methidathion의 검출량은 기준치 이하의 안전한 수준이었다(작물보호제지침서, 한국작물보호협회). 농약 사용 목적에 따라 분류하였을 때에는 살충제와 살균제가 주로 검출되었다. 이는 현재 우리나라에 사용 등록된 농약 중 살충제(34.5%), 살균제(28.4%)가 높은 비중을 차지하고 있기 때문으로 생각된다(농촌진흥청, 2013).

그리고 본 연구에서 중점을 두었던 성장조정제는 196종 중 7종(diniconazole, metconazole, iprobenfos, paclobutrazol, pendimethalin, propham, tribufos)이며 모니터링 결과 꺾잎에서 diniconazole 2건, 쌀에서 iprobenfos 1건이 검출되었다. 꺾잎에서 검출된 diniconazole은 백합, 배추의 성장억제제 목적으로 사용되지만, 사과와 붉은별무늬병, 배의 검은별무늬병, 붉은별무늬병, 잔디, 마늘의 녹병에 대한 살균제로도 사용되고 있다. 벼에서 검출된 iprobenfos는 주로 벼 도열병 예방 및 치료를 위해 사용되고 있다. 하지만 metconazole과 iprobenfos 혼합제를 사용할 경우 벼의 아랫부분을 짧고 튼튼하게 하여 잘 부러지지 않게 하고 윗 잎의 각도를 직립화함으로써 도복을 경감시켜 식물성장조정제로써의 효과도

가지고 있다(작물보호제지침서, 한국작물보호협회). 그 외의 식물성장조정제(paclobutrazol, pendimethalin, propham 및 tribufos)는 검출되지 않았다. Pendimethalin은 주로 제초제로 사용되며, propham과 tribufos는 국내에 등록되지 않은 농약성분이므로 검출될 가능성이 거의 없다고 본다.

노출 평가

본 연구 결과를 토대로 검출된 농약에 대해 노출평가를 실시하였다. 농약이 검출된 18종(중복 검출 농약 제외)을 대상으로 농약별 일일추정섭취량(estimated daily intake: EDI)을 산출하였다. 다시 말하면, 모니터링 결과 값을 근거로 각 농산물의 평균 잔류농도를 구하고 이 값에 식이섭취량과 국민 평균 체중 55 kg을 고려하여 일일추정섭취량(estimated daily intake: EDI)을 산출하여 일일섭취허용량(acceptable daily intake: ADI)과 비교하였다. 그 결과는 Table 8과 같으며, 검출빈도가 가장 높고 꺾잎에서 부적합이 발생했던 농약인 chlorpyrifos의 경우 EDI/ADI (%) 값이 약 0.145%로 나타나 위해도는 아주 미미한 수준임을 알 수 있었다. 고독성 농약인 methidathion은 ADI를 고려할 경우 가장 위해도가 높은 것으로 나타났으나 EDI/ADI (%) 값은 약 0.902%로 아주 미미한 수준임을 확인 할 수 있었다. 또한 잔류허용 기준을 초과한 chlorpyrifos와 picoxystrobin의 경우도 EDI/ADI (%) 값이 각각 0.145%와 0.016%의 미미한 수준임을 확인 할 수 있었다. 본 연구에서 검출된 농약 18종 모두

EDI/ADI (%) 값이 0.001~0.902%로 조사되어 위해도가 매우 낮은 수준임을 확인할 수 있었다(Table 6). 세척 및 조리 등의 가공 과정을 거치는 경우 그 위해도는 더욱 낮아질 것으로 예상된다.

안전한 농산물의 생산과 공급을 위해서는 농약안전사용기준에 따른 농민들의 올바른 농약 사용이 필수적이라고 할 수 있다. 일반적으로는 농약보호제지침서에 따라 농산물별로 사용가능한 적정 농약을 선택하고 살포해야하는 것이 올바른 방법이나 본 연구에서는 사용 등록이 되지 않은 농약 성분이 빈번히 검출되었다. 이는 해당 농산물에는 사용 등록되지 않았으나 유사 농산물에는 사용 가능하여, 분류가 유사한 농산물에 잘못 사용된 것으로 판단된다. 또한 기능성 농산물의 선호와 기후 온난화로 새로운 채소, 과일 등 소면적 재배작물은 다양화 되고 있으나 병해충 방제에 사용할 수 있는 등록농약의 부족도 원인으로 지적되고 있다. 따라서 국민들에게 보다 안전한 농산물을 생산·공급하기 위해서는 소면적 작물에 대한 등록 농약의 확대가 필요하며, 아울러 농약 안전 사용에 관한 교육이 필요할 것으로 사료된다.

Literature Cited

- Do, J. A., M. Y. Lee, Y. J. Cho, I. Kang, K. Kwon and J. H. Oh (2013) Development and validation of an analytical method for pyrimisulfan determination in agricultural commodities by LC-MS/MS. *Anal Sci Technol* 26:154-163.
- EC (2008) Monitoring of pesticide residues in products of plant origin in the European Union, Norway, Iceland and Liechtenstein 2006. Commission of the European Communities, Belgium.
- FAO/WHO (2009) Chapter 6: Dietary exposure assessment of chemicals in food. In *Environmental Health Criteria 240: Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food*, pp. 19-21. Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, Swiss.
- Jang, M. R., H. K. Moon, T. R. Kim, D. H. Yuk, E. H. Kim, C. K. Hong, C. M. Choi, I. S. Hwang, J. H. Kim and M. S. Kim (2011) The survey on pesticide residues in vegetables collected in seoul. *Korean J Pesti Sci* 15:114-124.
- Kim, M. O., H. S. Hwang, M. S. Lim, J. E. Hong, S. S. Kim, J. A. Do, D. M. Choi and D. H. Cho (2010) Monitoring of residual pesticides in agricultural products by LC/MS/MS. *Korean J Food Sci Technol* 42:664-675.
- Kim, S. H., W. J. Choe, Y. K. Baik and W. S. Kim (2008) Monitoring of pesticide residues and risk assessment of agricultural products consumed in South Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37:1515-1522.
- U.S. FDA (2013) Pesticide monitoring program 2009 pesticide report. U.S. Food and Drug Administration, USA.
- Lee, J. Y., W. J. Choe, H. J. Lee, Y. W. Shin, J. A. Do, W. S. Kim, D. M. Choi, K. R. Chae and C. S. Kang (2010) Research on pesticides residue in commercial agricultural products in 2009. *J Fd Hyg Safety* 25:192-202.
- Lee, Y. D. (2012) Practical book of Korea food code pesticide residue analysis method. Ministry of Food and Drug Safety, Korea.
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS) (2012) Monitoring of pesticide residues in agricultural commodities-2012. Ministry Food and Drug Safety, Korea.
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS) (2013) Notification 2013-204 Korea food code. Ministry of Food and Drug Safety, Korea.
- Ministry of Security and Public Administration (MSPA) (2013) Resident registration population statistics-2012, Korea.
- Korea Crop Protection Assosiation (2014) Guidelines on safe use of pesticides. <http://koreacpa.org/new/main.html>. Accessed 19 December 2014.
- Joung, Y. H. (2005) Advanced pesticides science, Sigmappress publishing company.
- Hwang, K. H., C. Y. Lee, E. S. Lee, J. H. Uhm, S. H. Han, K. S. Kim, J. H. Kim and S. G. Park (2008) Trend of pesticide residues from agricultural products in Garak wholesale market (2004-2008), Report of S.I.H.E. 44:35-43.
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS) (2014) Guidelines on safe management of food-2014.

국내 유통 다소비 농산물의 잔류농약 모니터링 및 노출평가

강남숙* · 김성철 · 강윤정 · 김도형 · 장진욱 · 원세라 · 현재희 · 김동언 · 정일용 · 이규식¹ · 신영민
정동윤 · 김상엽 · 박주영 · 권기성 · 지영애

부산식품의약품안전청 유해물질분석팀, ¹식품의약품안전청 식품안전평가원 잔류물질과

요 약 본 연구는 유통 농산물의 잔류 실태를 조사하여 잔류농약에 대한 안전성을 평가하기 위해 수행되었다. 전국 9개 지역에서 수거된 농산물 15개 품목 232건을 식품공전 다중농약다성분 분석법으로 분석하였으며, GC/MSMS로 분석 가능한 농약 196종을 대상으로 하였다. 그 결과 53건의 시료에서 64종의 농약이 검출되었고 이 중 chlorpyrifos와 procymidone이 가장 빈번히 검출되었다. 검출된 64종 중 껌잎에서 검출된 chlorpyrifos와 복숭아에서 검출된 picoxystrobin은 잔류허용기준을 초과하였으며, 나머지는 각각의 잔류허용기준을 초과하지 않았다. 잔류허용기준을 초과한 chlorpyrifos와 picoxystrobin을 포함한 검출 농약에 대해 위해평가를 수행한 결과, 1일 섭취허용량(acceptable daily intake, ADI) 대비 1일 추정섭취량(estimated daily intake, EDI)이 0.001~0.902%로 조사되어 매우 낮은 수준임을 확인할 수 있었다. 이번 연구 결과 유통 농산물에서 잔류농약은 안전하게 관리되고 있음을 확인 할 수 있었고, 향후 식품안전 정책 수립의 기초 자료로 활용할 수 있을 것을 생각된다.

색인어 농산물, 모니터링, 잔류농약, 노출평가