pISSN 1229-1153 *J. Fd Hyg. Safety*
Vol. 29, No. 3, pp. 170~180 (2014)
http://dx.doi.org/10.13103/JFHS.2014.29.3.170

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

2013년 서울북부지역 유통농산물의 잔류농약 모니터링 및 위해성 평가

김남훈* · 이정숙 · 김욱희 · 최영희 · 한성희 · 김윤희 · 김희선 · 이새람 · 이정미 · 유인실 · 정권
서울특별시 보건환경연구원 강북농수산물검사소

Monitoring of Pesticide Residues and Risk Assessment on Agricultural Products Marketed in the Northern Area of Seoul in 2013

Nam Hoon Kim*, Jeong Sook Lee, Ouk Hee Kim, Young Hee Choi, Sung Hee Han, Yun Hee Kim, Hee Sun Kim, Sae Ram Lee, Jeong Mi Lee, In Sil Yu, and Kwon Jung
Kangbuk Agro-Fishery Products Inspection Center,
Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health and Environment, 130-060, Korea
(Received May 28, 2014/Revised June 10, 2014/Accepted August 20, 2014)

ABSTRACT - The aim of this study was to investigate pesticide residues in 2,877 market vegetables in the northern area of Seoul in 2013. Pesticide residues in the samples were analysed by multiresidue method for 285 pesticides using GC-ECD/NPD and HPLC-DAD/FLD. 385 samples(13.4%) were detected with pesticide residues at or below MRL, and 15 samples(0.5%) were found to detect pesticide residues exceeding MRL. The most frequently detected samples were sedum(63.6%), chamnamul(45.8%), leek(44.5%) and green&red pepper(30.8%). Among the 15 violated samples, leek(5 cases) and welsh onion(4 cases) showed the highest violation rate. A total of 74 samples(18.5%) contained multiple pesticide residues in one vegetable. Procymidone, chlorofenapyr and cypermethrin were the pesticide most frequently found. As a tool of risk assessment through the consumption of pesticide detectable agricultural products, the ratio of estimated daily intake (EDI) to acceptable daily intake (ADI) was calculated into the range of 1.05~28.61%. The results have meant that there was no health risk through dieting commercial agricultural products detected with pesticide residues.

Key words : pesticide residues, agricultural products, risk assessment, %ADI

농약은 병해충으로부터 농작물을 보호하고 농산물의 품질과 생산량을 증가시키기 위하여 폭넓게 사용되고 있으며 노동력 절감을 위한 필수불가결한 농자재라는 유익성을 가지는 반면 때로는 인간과 환경에 위해성을 끼치는 양면성을 가지고 있다[1,2]. 농업분야에서 농약사용은 2차 세계 대전 이후로 농산물의 생산성을 높이기 위하여 사용량이 급격히 증가하였으며 이로 인해 식품 등의 농산물 뿐만 아니라 토양, 강 등의 주위 환경에 농약 성분과 그 대사산물이 잔류함에 따라 건강상의 위해를 끼치는 요인이 되었다[3]. 현재 1000여 종류 이상의 화합물이 곰팡이, 해충 및 잡초 제거를 위해 농약으로 사용되고 있는 실정이며 이러한 농약성분들이 오남용으로 농산물에 부적절하게 사용되었을 경우 그 독성으로 인해 인간의 건강을 위협하는 위해요인으로 인식되고 있으며 단기노출시에는 두통, 구토 등을 유발하고 장기간 노출시에는 암 발생, 생식계 이상 및 내분비계 질환과 관련되어 있는 것으로 보고되고 있다[4,5]. 세계보건기구(WHO)에 의하면 매년 전 세계적으로 300만 건 이상의 농약 중독 사고가 발생하며 이중 약 22만 명이 사망하는 것으로 보고되었다[6]. 하지만 최근에는 환경피해 방지 등 독성문제에 대한 인식증가와 소비자의 식품안전에 대한 관심 증대 및 친환경 농업 증가로 인해 농약 사용이 점차 감소하고 있는 추세이다. 한편, 농약의 오남용을 방지하고 국민건강에 피해를 주지 않도록 각 농약별 사용량, 사용횟수, 수확기에 따른 살포 횟수 및 시기 등에 관한 농약안전사용기준과 농약의 최대잔류허용기준을 설정하여 사용방법과 사용량을 엄격히 규제하고 있다[7].

잔류농약이란 식품에 농약의 잔류가 일정 농도 남아 있는 것을 말하며 농약잔류허용기준(Maximum Residue Limit, MRL)은 식품을 섭취하는 소비자의 안전을 위하여 유통되

*Correspondence to: Namhoon Kim, Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health and Environment, 1140-55 Jegi-dong, Dongdaemun-gu, Seoul, Korea
Tel:82-2-968-5096, Fax: 82-2-964-8174
E-mail: nhkim70@seoul.go.kr

는 농산물에 잔류할 수 있는 농약의 양을 법으로 정한 것이다. 또한 이는 농작물 재배시 농약이 적절히 사용되는지 여부를 확인할 수 있는 이중 역할을 하고 있다[8]. 농산물의 생산량 증대 및 우수한 상품성 유지를 위하여 사용되는 농약으로부터 발생할 수 있는 식품안전 사고를 예방함과 동시에 농업환경 변화에 따른 신속한 대응방안을 마련하기 위하여 각 나라마다 식품중의 농약잔류 허용기준을 설정하여 관리하고 있다[9].

농약의 안전관리 기준은 식품의 섭취량에 대한 식품별 농약잔류 허용기준치 간의 계산을 통하여 할 수 있는데, 식품 중의 이론적 최대 농약잔류 허용치는 사람이 식품을 통해 섭취하는 농약의 1일 섭취허용량(Acceptable daily intake, ADI)으로 제안된다. 일반적으로 농약 1일 섭취허용량의 80%에 해당하는 양에 국민의 평균체중을 곱하여 1인당 1일 섭취량으로 나누어 식품 중의 이론적 최대 농약잔류 허용치를 산출할 수 있다[10].

우리나라의 경우 식품의약품안전처에서 1988년 28종 농산물 17종 농약에 대한 농약잔류 허용 기준을 설정한 이래 2013년 고시개정을 통해 439종으로 확대된 농약에 대한 기준을 설정하여 관리하고 있다[11]. 미국의 경우는 농약의 등록과 잔류허용 기준 설정 및 위해성 평가 업무는 환경보호청(Environmental Protection Agency, EPA)이 관장하고 있으며 연방농약법(Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide, FIFRA)으로 규정하여 현재 380종의 농약에 대하여 잔류허용기준이 설정되어 있다[12]. 이처럼 세계 각국은 농산물 및 식품에 대한 잔류농약의 안전성을 평가하기 위하여 잔류허용기준을 설정하여 규제할 뿐만 아니라 자국 및 수입 농산물 중 잔류농약을 분석하고 그 실태를 조사하고 있다[13]. 이러한 잔류농약 모니터링 결과를 바탕으로 한 위해성 평가는 1990년대 이후 우리나라에서 본격적으로 연구되기 시작하였으며 그 후 이론적 식이섭취량에 따른 농약잔류허용기준의 타당성 및 섭취량 산출 방법에 대한 연구와 더불어 1일 추정 섭취량에 따른 농산물 섭취에 의한 위해성 평가 연구가 국내외적으로 많이 보고되고 있는 실정이다[2,7-8,10.14-18].

따라서 본 연구에서는 2013년 서울 북부 (강북)지역 대형마트 등에서 유통되는 농산물을 대상으로 잔류농약 모니터링을 실시하였으며 그 결과를 토대로 각 농산물에서 검출된 농약에 대한 섭취량을 추정하여 위해성을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

실험대상 농산물 및 분석농약

2013년 1월부터 12월까지 서울북부 (강북, 광진, 노원, 도봉, 동대문, 마포, 서대문, 성동, 성북, 용산, 은평, 종로, 중구, 중랑)지역 백화점, 대형매장 및 재래시장 등에서 유통되고 있는 일반농산물 및 친환경 (무농약 포함)농산물 127품목 2,877건을 대상으로 잔류농약을 검사하였으며 분석대상 농약은 Table 1과 같이 285종을 대상으로 하였다.

시약 및 기구

모든 분석대상 농약의 표준물질은 Dr Ehrensforfer GmbH (Augsburg, Germany), Chem Service사 (West Chester, USA), Sigma-Aldrich (St. Louis, USA), Honeywell사 (Wunstorfer, Germany)의 제품을 사용하였다. 사용된 모든 표준물질의 순도는 싸이퍼메쓰린 (순도 91.5%)을 제외한 모든 제품이 98% 이상이었다. 농약 추출을 위한 용매로서 아세토니트릴은 JT & Baker (Center Valley, USA)의 제품을 사용하였으며 정제에 사용된 아세톤과 헥산은 Kanto Chemical (Tokyo, Japan)의 제품을 사용하였다. 층분리를 위해 사용한 염화나트륨(Sodium Chloride)은 Merck (Darmstadt, Germany) 제품이었다.

시료 분쇄를 위한 분쇄기로는 Robot Coupe사의 Blixer 5 plus (Vincennes, France)를 이용하였다. 정제용 고체상 추출(SPE) 카트리지는 Agilent Technologies의 용량 1 GM (6 cc)의 Florisil 카트리지(Santa Clara, USA)를 사용하였으며 Sigma-Aldrich의 SUPELCO VISIPREP™ vacuum manifold (St. Louis, USA)를 이용하여 동시에 여러 시료를 정제하였다. 농약 추출분쇄 장치인 Homogenizer는 Omin 사의 Omni Macro Homogenizer (Kennesaw, USA)를 이용하였으며 시료 농축을 위한 질소 농축기는 Organomation Associates, Inc.의 N-EVAP™ 112 (Berlin, USA)을 사용하였다.

기기 및 분석방법

시료 전처리 및 분석은 식품공전의 식품 중 잔류농약 분석법의 다종농약다성분분석법 제 2법에 따라 실험하였다[11]. 분석에 사용된 GC는 Agilent Technologies (Santa Clara, USA)의 HP 6890 및 7890제품으로 유기염소계 농약은 전자포획(μECD) 검출기를 연결하여 사용하였고 유기인계 농약은 질소인(NPD)검출기로 분석하였다. 농약 검출 확인을 위한 질량(MSD)검출기는 HP 5973 모델을 사용하였다. HPLC-DAD는 Agilent 1100 series를, HPLC-FLD는 Waters사 (Milford. USA)의 2695 모델을 사용하여 분석하였다. 분석에 사용된 컬럼 및 기기 분석 조건은 Table 2-4와 같다.

잔류농약의 위해성 평가

검출된 개별농약의 위해성 평가는 농약이 검출된 농산물을 섭취할 경우를 가정하여 농산물 중 검출농약의 평균 잔류량(mg/kg)을 농산물의 1일 섭취량(kg/day)과 곱하여 잔류농약 1일 섭취추정량(Estimated daily intake, EDI, mg/kg bw/day)을 산출하였다. 잔류농약 1일 섭취허용량

Table 1. List of target pesticides monitored in this survey

Classification	Pesticide
Insecticide (136)	Acephate, Acetamiprid, Acrinathrin, Alanycarb, Aldicarb, Aldrin, Azinphos-Methyl, Benfuracarb, Benzoximate, BHC, Bifenthrin, Bromopropylate, Buprofezin, Cadusafos, Carbaryl, Carbofuran, Carbophenothion, Carbosulfan, Carboxin, Chlorantraniliprole, Chlordane, Chlorfenapyr, Chlorfenvinphos, Chlorfluazuron, Chlorobenzilate, Chlorpyrifos, Chlorpyrifos-methyl, Chromafenozide, Clothianidin, Cycloprothrin, Cyfluthrin, Cyhalothrin, Cypermethrin, DDT, Deltamethrin, Diazinon, Dichlorvos, Dicofol, Dieldrin, Diflubenzuron, Dimethoate, Dimethylvinphos, Disulfoton, Endosulfan, Endrin, EPN, Esprocarb, Ethiofencarb, Ethion, Ethoprophos, Etoxazole, Etrimfos, Fenamiphos, Fenazaquin, Fenitrothion, Fenobucarb, Fenothiocarb, Fenoxycarb, Fenpropathrin, Fenpyroxymate, Fensulfothion, Fenthion, Fenvalerate, Fipronil, Flonicamid, Fluacrypyrim, Flubendiamide, Flucythrinate, Flufenoxuron, Fluvalinate, Formothion, Fosthiazate, Heptachlor, Hexaflumuron, Imidacloprid, Indoxacarb, Isazofos, Isofenphos, Isoprocarb, Lufenuron, Malathion, Mecarbam, Metaflumizone, Metamidophos, Methidathion, Methiocarb, Methomyl, Methoxychlor, Methoxyfenozide, Metolcarb, Mevinphos, Monocrotophos, Novaluron, Omethoate, Oxamyl, Parathion, Parathion-Methyl, Permethrin, Phenothrin, Phenthoate, Phorate, Phosalone, Phosmet, Phosphamidone, Phoxim, Pirimicarb, Pirimiphos-ethyl, Pirimphos-methyl, Profenofos, Propoxur, Prothiofos, Pymetrozine, Pyaclofos, Pyrethrines, Pyridaben, Pyridaryl, Pyridaphenthion, Pyrimidifen, Pyriproxyfen, Quinalphos, Simeconazole, Spirodiclofen, Spiromecifen, Tebufenozide, Tebefenpyrad, Tebupirimfos, Telfubenzuron, Tefluthrin, Thiacloprid, Thiamethoxam, Thiodicarb, Thiometon, Tralomethrin, Triazmate, Triaophos, Vamidothion
Herbicide (57)	Acetochlor, Alachlor, Anilofos, Bendiocarb, Bifenox, Bromacil, Bromobutide, Butachlor, Cinosulfuron, Cyhalofop-butyl, Dichlobenil, Diclofop-methyl, Dimepiperate, Dimethenamid, Diphenaimd, Dithiopyr, Diuron, Ethalfluralin, Fluazifop-butyl, Flufenacet, Flumioxazine, Indanofan, Linuron, Mefenacet, Metamifop, Methabenzthiazuron, Metobromuron, Metolachlor, Metribuzin, Molinate, Napropamide, Norflurazon, Oryzalin, Oxadiazon, Oxaziclomefone, Oxyfluorfen, Pendimethalin, Pentoxazone, Pretilachlor, Piperophos, Prometryne, Propanil, Propisochlor, Pyrazolate, Pyribenzoxim, Pyributicarb, Pyriminobac-methyl, Quinoclamine, Simazine, Simetryn, Tebutryne, Tebuthylazine, Thenylchlor, Thiazopyr, Thiobencarb, Tri-allate, Trifluralin
Fungicide (87)	Amisulbrom, Azoxystrobin, Benomyl, Benthiavalicarb-isopropyl, Bitertanol, Boscalid, Captapol, Captan, Carbendazim, Chinomethionat, Chlorothalonil, Cyazofamid, Cyflufenamid, Cymoxanil, Cyproconazole, Cyprodinil, Dichlofluanid, Dicloran, Diethofencarb, Dimetomorph, Diniconazole, Diphenylamine, Edifenphos, Ethaboxam, Fenamidone, Fenarimol, Fenobuconazole, Fenhexamid, Fenoxanil, Ferimzone, Fluazinam, Fludioxonil, Fluquinconazole, Flusilazole, Flusulfamide, Flutolanil, Folpet, Fthalide, Furathiocarb, Imazalil, Imibenconazole, Iprobenfos, Iprodione, Iprovalicarb, Isoprothiolane, Kresoxim-methyl, Mepanipyrim, Mepronil, Metalaxyl, Metconazole, Metrafenone, Myclobutanil, NItrapyrin, Nuarimol, Oxadixyl, Ofurace, Penconazole, Pencycuron, Probenazole, Prochloraz, Procymidoen, Propamocarb, Propiconazole, Pyaclostrobin, Pyrazophos, Pyrimethanil, Pyroquilon, Quintozene, Tebuconazole, Tecnazene, Tebusof, Tetraconazole, Tetradifon, Thifluzamide, Thiophanate-methyl, Tiadinil, Tolclofos-methyl, Tolyfoluanid, Triadimefon, Triadimenol, Trichlorfon, Tricylazole, Trifloxystrobin, Triflumizole, Triflumuron, Vinclozolin, Zoxamide
Plant growth regulator (5)	Chlorpropham, Forchlorfenuron, Hexaconazole, Paclobutrazole, Uniconazole

Table 2. Analytical conditions used for gas chromatography

Specification		GC-μECD	GC-NPD
Column	Front	DB-1701 14% cyanopropyl phenyl methyl (30 m × 320 μm ID × 0.25 μm)	
	Back	HP-5 5% phenyl methyl siloxane (30 m × 320 μm ID × 0.25 μm)	
Temp.	Oven	150°C (1min) → 12°C/min → 240°C (2min) → 10°C/min → 280°C (11 min)	110°C (2min) → 15°C/min → 200°C (8min) → 10°C/min → 260°C (7 min)
	Injection	230°C	210°C
	Detector	280°C	270°C
Gas flow		N_2 (1.0 mL/min)	N_2 (1.4 mL/min) Air (60.0 mL/min) H_2 (3.5 mL/min)

(Acceptable daily intake, ADI, mg/kg bw/day)은 식품의약품안전처 잔류농약 데이터베이스에서 제공하는 값을 이용하였으며[19] 이 두값을 비교하여 위해성을 평가하고자 하였다. 개별 농산물의 식이섭취량은 2011년 국민건강통계 국민건강영양조사 5기 2차년도 자료를 참고하였다[20]. 개별 농약의 ADI에 각각 한국 성인의 평균체중 64.8(kg bw)[21]

Table 3. Analytical conditions used for GC-MSD

Specification		GC-MSD	
Column		HP-5MS 5% phenyl methyl siloxane (30 m × 250 μm ID × 0.25 μm film thickness)	
Temp.	Oven	100°C (2 min) → 10°C/min → 280°C (15 min) → 10°C/min → 280°C (11 min)	
	Injection	230°C	
Carrier gas		He (splitless, 1.0 mL/min)	
MSD parameter		Ionization method	Electron impact at 70 eV
		Ion source temp.	230°C
		Transfer line temp.	280°C
		Scan range	50-550 m/z (2.91 scan/sec)

Table 4. Analytical conditions used for HPLC-DAD and HPLC-FLD

Specification	HPLC-FLD			HPLC-DAD		
Detector	Scanning fluorescence detector			Diode array and multiple wavelength detector		
Column	Waters carbamate analysis column (3.9 × 150 mm)			Zobax Eclipse XDB-C18 (5.0 μm, 4.6 × 150 mm)		
Wavelength	Ex λ: 339 nm, Em λ:445 nm			200 nm, 254 nm		
Flow rate	0.9 ml/min			1.0 ml/min		
Injection vol.	10 μl			10 μl		
Mobile phase	A: 12% MeOHB : MeOH : AcCN : Water (35: 35: 30)			A: 100 % Acetonitrile B: Water		
Gradientprogram	Time (min)	A (%)	B (%)	Time (min)	A (%)	B (%)
	0	95	5	0	27	73
	2	80	20	3	36	64
	4	60	40	8	90	10
	6	40	60	14	67.5	32.5
	8	20	80	15	45	55
	10	0	100	16	27	73
	15	95	5			

을 곱하여 한국인의 1인1일 최대섭취허용량(maximum permissible intake, MPI, mg/day/person)을 구하였다. 그리고 잔류농약 섭취허용량 대비 식이섭취율 %ADI와 %MPI를 계산하였다.

결과 및 고찰

농산물별 잔류농약 검출 및 부적합 현황

2013년 서울 강북지역에서 유통된 농산물 2,877건 (채소류 2,488건, 과일류 244건, 두채류 58건, 버섯류 33건, 서류 33건, 견과종실류 9건, 곡류 11건, 콩류 1건)에 대하여 동시분석이 가능한 285종에 대한 잔류농약 실태를 조사한 결과 Table 5와 같았다. 전체 농산물 중 잔류허용기준(Maximum Residue Level, MRL)이하로 농약이 검출된 농산물은 385건으로 13.4%의 검출률을 보였으며, 농약 잔류허용기준을 초과한 농산물은 15건으로 전체 농산물 중 0.5%를 차지하였다. 이를 지난 5년간 강북지역 유통농산물에 대한 잔류농약 모니터링 결과와 비교해 보면 검출률과 부적합률 모두 5년전에 비해 감소하였음을 알 수 있다. Kim 등[22]의 보고에 따르면 검출률은 2009년 25.6%, 2010년 15.1%, 2011년 14.8%, 2012년 12.9% 이었으며 부적합률은 2009년 2.2%, 2010년 0.7%, 2011년 1.0%, 2012년 0.9%로서 2009년에 비해 2배 이상 감소하였음을 확인 할 수 있었다. 이는 농약검사 위생기관의 지속적인 모니터링 감시 효과와 더불어 재배 농가 또한 친환경 농사의 비중을 확대함에 따른 결과에 기인한 것으로 판단된다. 외국의 결과와 비교해 보면 Jardim 등[23]이 브라질내 생산된 농산물 13,556건을 대상으로 2001년부터 2010년까지 잔류농약 모니터링 결과 검출률은 48.3%, 부적합률은 3%라고 보고하였다. 이는 본 실험의 결과와는 상당한 차이가 있는 것으로 농약 사용량은 국가마다 다르며 기후 등 재배지역의 특성 및 재배 농산물에 따라 큰 차이가 있을 것으로 생각된다. 농약 검출률을 감소시키기 위해서는 규제당국의 농약 잔류량 최소를 위한 노력이 필요하며 이를 위해 재배농민들에 대하여 적절한 농약사용법 및 사용량에 대한 교육 등이 수반되어야 한다.

농산물 분류에 따른 잔류농약 분포를 살펴보면 채소류는 전체 2,488건 중 356건(14.3%)에서 잔류농약이 검출되었으며 과일류는 11.1%, 서류는 6.1% 검출되었다. 반면에 버섯류, 견과종실류, 곡류, 콩류 및 두채류는 잔류농약이

Table 5. Results of pesticide residues detected below and over MRL in agricultural products

Type	Group	Commodity	samples analyzed	No. of sample detected (%)		No. of sample violated (%)	
Vegetables	Leafy vegetables	Lettuce (leaf)	169	13	(7.7)	1	(0.6)
		Spinach	169	24	(14.2)	0	(0.0)
		Brassica leafy vegetables	114	16	(14.0)	1	(0.9)
		Perilla leaves	100	25	(25.0)	1	(1.0)
		Lettuce (head)	69	5	(7.2)	0	(0.0)
		Radish leaves	66	4	(6.1)	1	(1.5)
		Crown daisy	56	4	(7.1)	0	(0.0)
		Chicory	53	4	(7.5)	0	(0.0)
		Kale	38	1	(2.6)	0	(0.0)
		Mustard green	33	3	(9.1)	0	(0.0)
		Chamnamul	24	11	(45.8)	0	(0.0)
		Chard	23	2	(8.7)	1	(4.3)
		Marsh mallow	22	2	(9.1)	0	(0.0)
		Chwinamul	21	5	(23.8)	0	(0.0)
		Mustard leaf	20	3	(15.0)	1	(5.0)
		Shepherd's purse	15	2	(13.3)	0	(0.0)
		Amaranth	10	3	(30.0)	0	(0.0)
		Pumpkin young leaves	10	2	(20.0)	0	(0.0)
		Others	136	7	(5.1)	0	(0.0)
		Subtotal	1,148	136	(11.8)	6	(0.5)
	Stalk andstem vegetables	Welsh onion	191	41	(21.5)	4	(2.1)
		Leek	155	69	(44.5)	5	(3.2)
		Water dropwort	98	8	(8.2)	0	(0.0)
		Celery	60	9	(15.0)	0	(0.0)
		Green garlic	39	6	(15.4)	0	(0.0)
		Wild garlic	17	4	(23.5)	0	(0.0)
		Sedum	11	7	(63.6)	0	(0.0)
		Others	54	0	(0.0)	0	(0.0)
		Subtotal	616	144	(23.4)	9	(1.5)
	Root and tuber vegetables	Carrot	36	1	(2.8)	0	(0.0)
		Radish (root)	32	0	(0.0)	0	(0.0)
		Onion	32	0	(0.0)	0	(0.0)
		Garlic	16	0	(0.0)	0	(0.0)
		Others	47	0	(0.0)	0	(0.0)
		Subtotal	163	1	(0.6)	0	(0.0)
	Fruiting vegetables, cucurbits	Cucumber	86	16	(18.6)	0	(0.0)
		Squash	66	4	(6.1)	0	(0.0)
		Others	48	1	(2.1)	0	(0.0)
		Subtotal	200	21	(10.5)	0	(0.0)
	Fruiting vegetables other than cucurbits	Green & Red pepper	117	36	(30.8)	0	(0.0)
		Sweet pepper	54	11	(20.4)	0	(0.0)
		Eggplant	47	5	(10.6)	0	(0.0)
		Tomato	25	0	(0.0)	0	(0.0)
		Subtotal	243	52	(21.4)	0	(0.0)
	Flowerhead brassicas	Broccoli	66	0	(0.0)	0	(0.0)
		Korean cabbage	41	2	(4.9)	0	(0.0)
		Cabbage	11	0	(0.0)	0	(0.0)
		Subtotal	118	2	(1.7)	0	(0.0)
	Subtotal		2,488	356	(14.3)	15	(0.6)

Table 5. (Continued) Results of pesticide residues detected below and over MRL in agricultural products

Type	Group	Commodity	No. of sample	No. of sample detected (%)		No. of sample violated (%)	
Fruits	Stone fruits	Jujube	12	2	(16.7)	0	(0.0)
		Peach	1	1	(100.0)	0	(0.0)
		Cherry	1	1	(100.0)	0	(0.0)
		Others	4	0	(0.0)	0	(0.0)
		Subtotal	18	4	(22.2)	0	(0.0)
	Pome fruits	Apple	57	5	(8.8)	0	(0.0)
		Persimon	48	0	(0.0)	0	(0.0)
		Others	34	0	(0.0)	0	(0.0)
		Subtotal	139	5	(3.6)	0	(0.0)
	Citrus fruits	Mandarin	26	7	(26.9)	0	(0.0)
		Orange	4	1	(25.0)	0	(0.0)
		Lime	1	1	(100.0)	0	(0.0)
		Others	3	0	(0.0)	0	(0.0)
		Subtotal	34	9	(26.5)	0	(0.0)
	Berries and other small fruits	Grape	19	4	(21.1)	0	(0.0)
		Strawberry	11	1	(9.1)	0	(0.0)
		Others	3	0	(0.0)	0	(0.0)
		Subtotal	33	5	(15.2)	0	(0.0)
	Assorted tropical and sub-tropical fruits	Kiwifruit	11	2	(18.2)	0	(0.0)
		Banana	5	1	(20.0)	0	(0.0)
		Mango	2	1	(50.0)	0	(0.0)
		Others	2	0	(0.0)	0	(0.0)
		Subtotal	20	4	(20.0)	0	(0.0)
	Subtotal		244	27	(11.1)	0	(0.0)
Mushrooms		Oyster mushroom	8	0	(0.0)	0	(0.0)
		Others	25	0	(0.0)	0	(0.0)
	Subtotal		33	0	(0.0)	0	(0.0)
Potatoes		Potato	19	2	(10.5)	0	(0.0)
		Others	14	0	(0.0)	0	(0.0)
	Subtotal		33	2	(6.1)	0	(0.0)
Nuts& seeds	Peanut or nuts	Chestnut	9	0	(0.0)	0	(0.0)
	Subtotal		9	0	(0.0)	0	(0.0)
Cereal grains		Rice	7	0	(0.0)	0	(0.0)
		Corn	4	0	(0.0)	0	(0.0)
	Subtotal		11	0	(0.0)	0	(0.0)
Beans		Sword jackbean	1	0	(0.0)	0	(0.0)
	Subtotal		1	0	(0.0)	0	(0.0)
Sprout products		Bean sprout	35	0	(0.0)	0	(0.0)
		Mung bean sprout	23	0	(0.0)	0	(0.0)
	Subtotal		58	0	(0.0)	0	(0.0)
Total			2,877	385	(13.4)	15	(0.5)

검출되지 않았다. 채소류 중에서 형태에 따른 검출률을 살펴보면 엽경채류 23.4%, 박과이외 과채류 21.4% 및 엽채류 11.8% 순으로 검출률이 높았다. 반면에 근채류와 결구엽채류는 각각 0.6%와 1.7%의 검출률을 보여 상대적으로 매우 낮았다. 채소류는 곡류나 과실류에 비해 제한된 면적에서 집단화된 시설재배가 대부분이며 이로 인해 병해충에 취약하기 때문에 농약 사용량이 많으며 이로 인해 잔류량 또한 높은 것으로 판단된다. 개별 농산물 중에서는 돌나물 63.6%, 참나물 45.8%, 부추 44.5% 및 고추 30.8% 순으로 검출률이 높았다. 이는 Kim 등[22]의 2012년

Table 6. Number of samples with multiple pesticide residues for one vegetable

Vegetables	No. of residues in one vegetable sample (%)				
	2	3	4	5	6
Perilla leaves	5 (19.2)	2 (7.7)	-	1 (3.8)	1 (3.8)
Pepper leaves	1 (33.3)	2 (66.6)	-	-	-
Lettuce (leafy)	1 (7.1)	2 (14.3)	-	-	-
Leek	16 (21.6)	3 (4.1)	-	-	-
Kiwifruit	-	1 (50.0)	-	-	-
Apple	1 (20.0)	-	-	-	-
Brassica leafy vegetables	4 (23.5)	-	-	-	-
Celery	2 (22.2)	-	-	-	-
Chicory	1 (25.0)	-	-	-	-
Cucumber	1 (6.3)	-	-	-	-
Grape	1 (25.0)	-	-	-	-
Green and red pepper	4 (11.1)	-	-	-	-
Jujube	2 (100)	-	-	-	-
Korean cabbage	1 (50.0)	-	-	-	-
Lettuce (head)	1 (20.0)	-	-	-	-
Mandarin	2 (28.6)	-	-	-	-
Mustard green	2 (66.6)	-	-	-	-
Red pepper (dried)	3 (60.0)	-	-	-	-
Shepherd's purse	1 (50.0)	-	-	-	-
Spinach	6 (25.0)	-	-	-	-
Sweet pepper	1 (9.1)	-	-	-	-
Welsh onion	5 (11.1)	-	-	-	-
Total	61 (15.3)	10 (2.5)	-	1 (0.3)	1 (0.3)

모니터링 결과와 약간의 차이는 있지만 거의 유사함을 확인할 수 있었으며 이를 기초자료로 사용하여 차후 잔류농약 모니터링 사업시 검출률이 높았던 농산물을 집중수거 품목으로 선정할 필요성이 있는 것으로 판단되었다.

Table 6에서는 하나의 시료에서 2종 이상의 농약이 동시에 검출된 결과를 보여주며 농약이 검출된 농산물 400건 중 74건(18.5%)의 시료에서 2종 이상의 농약이 검출되어 적지 않은 농산물이 2종 이상의 농약에 노출되어 있음을 확인 할 수 있었다. 가장 많은 경우는 2종의 농약이 동시에 검출된 것으로 모두 61건(15.3%)이었으며 3종의 농약이 동시에 검출된 경우는 10건(2.5%)이었다. 깻잎 1건에서는 최대 6종의 농약이 동시에 검출되기도 하였는데 1종의 농약이 인체에 미치는 위해성은 이미 알려진 경우가 많은 것에 비해 다수의 농약이 혼합되어 있을 경우에는 각 농약성분간의 상호작용을 통해 인체에 미치는 위해성 정도를 예측하기 어려우며 위해성 평가 연구 또한 미비한 실정이다. 그러므로 잔류농약 기준 적용시 개별 농약의 잔류허용기준 적용뿐만 아니라 검출 농약의 수와 총량에 따른 기준적용도 검토해 봐야 할 것으로 생각된다. 개별 농산물 중에서는 깻잎 9건/26건(34.6%), 부추 19건/74건(25.7%), 시금치 6건/24건(25%). 파 5건/45건(11.1%) 순으로 2종 이상의 농약이 검출된 경우가 많았으며 이러한 시민 다소비 농산물의 섭취시 더욱 주의가 필요할 것으로 판단되었다.

Table 7. Detailed results about pesticides exceeding MRL in various vegetables

Vegetables	Pesticides exceeding MRL	Conc. of detection (mg/kg)	MRLs (mg/kg)
Leek	Flutolanil	4.04	0.05
	Procymidone	29.5	5.0
	EPN	3.1	0.2
	Endosulfan	0.8	0.1
	Terbufos	0.09	0.01
Welsh onion	Dimethomorph	5.1	3.0
	Pyridalyl	0.8	0.5
	Iprodione	0.5	0.1
	Iprodione	1.6	0.1
Lettuce (leaf)	Procymidone	9.4	5.0
Korean cabbage	Diniconazole	2.0	0.3
Perilla leaves	Kresoxim-methyl	6.0	0.1
Radish leaves	Bifenthrin	0.13	0.05
Chard	Paclobutrazol	2.15	0.05
Mustard leaf	Diazinon	1.0	0.1

농산물 잔류허용기준 이상으로 농약이 검출된 부적합 농산물은 부추 5건(3.2%), 파 4건(2.1%)으로 가장 많았으며 그 외 상추, 엇갈이배추, 깻잎, 무잎, 근대 및 갓에서 1건씩 검출되어 총 15건 이었다. Table 7은 부적합 농산물과 검출농약 및 검출량 등을 보여주며 부적합 농산물의 잔류농약 검출량은 최소의 경우 상추에서 프로시미돈이 잔류허용기준의 약 2배(9.4/5.0 mg/kg)의 농도로 검출되었으며 부추에서는 플루토라닐이 기준치의 최대 80배(4.04/0.05 mg/kg)까지 검출되기도 하였다. 잔류허용기준 이상으로 검출된 농산물들은 모두 엽채류와 엽경채류로서 실제 섭취시 세척 및 가열조리 등에 의해 대부분의 농약들이 소실되기 때문에 안전한 것으로 알려지고 있으며 이 밖에도 소비자들이 안전하게 농산물을 섭취할 수 있도록 홍보 및 교육을 강화할 필요가 있을 것으로 판단된다.

농약별 잔류농약 검출 빈도

2013년 잔류농약 모니터링 결과 285종의 검사 대상 농약 중 정량한계 이상으로 검출된 농약은 아세타미프리드 등 45종의 농약이 총 474회 검출되었다(Table 8). 이는 2012년 강북지역 모니터링 결과 52종의 농약이 555회 검출되었던 것과 비교하면 약간 감소한 것으로 확인되었다. 검출농약을 생물학적 작용 (용도)에 따른 분류를 하면 살충제 22종이 217회(45.8%), 살균제 21종이 254회(53.6%), 제

Table 8. Frequency of detectable pesticide residues found in the monitoring survey

Classification by biological action	Pesticide	Frequency of detection		Detection range (mg/kg)	MRLs (mg/kg)
		≤ MRL[a)]	> MRL[b)]		
Insecticide	Acetamiprid	1	-	0.659	3.0
	Bifenthrin	23	1	0.012~0.657	0.05~2.0
	Chlorfenapyr	56	-	0.006~2.062	0.1~20.0
	Chlorpyrifos	14	-	0.010~0.351	0.5~1.0
	Cyhalothrin	2	-	0.014~0.046	0.5~2.0
	Cypermethrin	44	-	0.024~1.533	0.5~5.0
	Diazinon	4	1	0.024~0.953	0.1
	Diniconazole	13	1	0.013~2.029	0.1~0.3
	Endosulfan	16	1	0.008~0.812	0.05~0.1
	EPN	1	1	0.145~3.092	0.2
	Fenitrothion	2	-	0.020~0.076	0.2~2.0
	Fenpropathrin	5	-	0.007~0.269	0.5~5.0
	Fenpyroximate	1	-	5.655	7.0
	Fenvalerate	9	-	0.049~0.398	0.5~3.0
	Flubendiamide	2	-	0.517~2.027	10.0~20.0
	Malathion	1	-	0.356	7.0
	Methidathion	1	-	0.124	5.0
	Phenthoate	2	-	0.017~0.025	1.0
	Pyridaben	1	-	0.1	1.0
	Pyridalyl	3	1	0.079~1.820	0.5~2.0
	Tebufenpyrad	6	-	0.034~0.486	5.0
	Terbufos	3	1	0.007~0.089	0.01~0.05
	Subtotal	210	7		
Fungicide	Azoxystrobin	7	-	0.536~2.871	3.0~20.0
	Boscalid	5	-	0.494~6.083	5.0~30.0
	Captan	1	-	1.434	5.0
	Chlorothalonil	25	-	0.011~3.687	2.0~40.0
	Cyprodinil	1	-	0.171	5.0
	Diethofencarb	11	-	0.039~1.320	5.0~30.0
	Dimethomorph	8	1	0.780~5.161	2.0~20.0
	Fenarimol	1	-	0.021	0.05
	Fludioxonil	7	-	0.037~1.802	3.0~7.0
	Flutolanil	4	1	0.056~4.038	0.05~0.7
	Iprobenfos	1	-	0.136	0.2
	Iprodione	4	2	0.070~1.578	0.1~10.0
	Isoprothiolane	1	-	0.098	0.2
	Kresoxim-methyl	5	1	0.006~6.006	0.1~2.0
	Mepanipyrim	1	-	0.298	0.5
	Procymidone	158	2	0.013~29.521	0.1~7.0
	Pyraclostrobin	1	-	1.387	10.0
	Pyrimethanil	3	-	0.494~2.697	5.0~10.0
	Thifluzamide	1	-	0.027	0.5
	Tolyfluanid	1	-	0.335	2.0
	Triadimefon	1	-	0.070	0.1
	Subtotal	247	7		
Herbicide	Pendimethalin	1	-	0.149	0.2
Plantgrowth regulator	Paclobutrazole	1	1	0.029~2.146	0.05
	Total	459	15		

[a)]≤ MRL: detectable pesticide residues below and at maximum residue limit.
[b)]> MRL: detectable pesticide residues over maximum residue limit.

초제 및 생장조절제 각 1종이 1회(0.2%) 검출되어 살균제가 가장 많이 검출되는 것으로 파악되었다. 2011년도 작물보호협회[24]에서 보고한 국내에서 출하된 농약성분량 조사에서는 살충제 34.7%, 살균제 28.0%, 제초제 27.1% 및 기타제 10.2%로서 살충제가 가장 많이 국내에서 생산된 것으로 보고되었다. 이를 근거로 유추해보면 실제 작물재배에 살충제가 살균제보다 많이 사용되기는 하지만 농작물 잔류성이 살균제가 높아 잔류농약 모니터링 검사에서 가장 빈번하게 검출되는 것으로 판단되었다.

개별 농약 중에서 가장 빈번하게 검출된 농약은 프로시미돈 160회(0.013~29.521 mg/kg), 클로르훼나피르 56회(0.006~2.062 mg/kg), 싸이퍼메쓰린 44회(0.024~1.533 mg/kg), 클로로타로닐 25회(0.011~3.687 mg/kg), 비펜스린 24회(0.012~0.657 mg/kg) 순이었다. 이는 이전의 모니터링 결과와 거의 비슷하였으며 검출빈도가 높은 농약들은 매년 비슷한 양상으로 검출되는 것으로 확인되었다. 2012년도에 이어 가장 빈번하게 검출되었던 프로시미돈은 물리화학적으로 빛과 열, 습기에 안정한 살균제로 토양환경에서 흡착량이 높고 살포된 환경내에서 분해가 서서히 진행되어 약제의 소실 정도가 느린 특징이 있는 것으로 알려지고 있으며 이런 특성으로 인해 작물 중 잔류성이 높고 검출률이 높게 나오는 것으로 판단되었다. Han 등[25]의 2011년 잔류농약 모니터링 결과와 Kim 등[22]의 2012년 모니터링 결과에서는 엔도설판이 각각 79회, 33회 검출되어 검출빈

Table 9. Commodities with pesticides from the same class in the monitoring survey

Pesticide class	No. of samples[a)]	Vegetables (no. of samples)
Pyrethroid	76 (16.0%)	Welsh onion(20), Spinach(15), Leek(9), Brassica leafy vegetable(5), Perilla leaves(3), Pepper leaves(3), Mandarin(2), Mustard leaf(2), Radish leaves(2), Water dropwort(2), Celery(2), Marsh mallow(2), Shepherd's purse(2), Crown daisy(1), Cucumber(1), Cherry (1), Grape(1), Jujube(1), Korean cabbage(1)
Organophosphate	29 (6.1%)	Green & red pepper(6), Mandarin(4), Jujube(2), Leek(2), Brassica leafy vegetable(2), Mustard leaf(1), Mustard green(1), Carrot(1), Lime(1), Radish leaves(1), Water dropwort (1), banana(1), Apple(1), Crown daisy(1), Orange(1), Chamnamul(1), Welsh onion(1), Perilla leaves(1)
Triazole	17 (3.6%)	Brassica leafy vegetable(5), Perilla leaves(4), Korean cabbage(2), Chard(1), Spinach(1), Chwinamul(1), Chicory(1), Green garlic(1), Mustard leaf(1)

[a)]Samples detected with the same class pesticide of all positive samples

Table 10. Risk assessment of pesticides frequently found in agricultural products showing high occurrence of pesticide residues

Vegetable	Pesticide	Conc.of pesticide (mg/kg)	Food daily intake (g/day)	ADI[a)]	EDI[b)]	MPI[c)]	%ADI[d)]	%MPI[e)]
				mg/kg·bw/day		mg/person/day		
Leek	Chlorfenapyr	0.360	1.64	0.026	0.00059	1.685	2.271	0.0350
	Cypermethrin	0.181		0.02	0.00030	1.296	1.484	0.0229
	Procymidone	0.640		0.1	0.00105	6.480	1.050	0.0162
Perilla leaves	Cypermethrin	0.166	3.89	0.02	0.00065	1.296	3.229	0.0498
	Procymidone	1.580		0.1	0.00615	6.480	6.146	0.0949
	Diniconazole	0.080		0.02	0.00031	1.296	1.556	0.0240
Green & red pepper	Chlorfenapyr	0.081	6.21	0.026	0.00050	1.685	1.935	0.0299
	Chlorpyrifos	0.180		0.01	0.00112	0.648	11.178	0.1725
	Procymidone	0.470		0.1	0.00292	6.480	2.9187	0.0450
Cucumber	Chlorothalonil	0.126	13.88	0.02	0.00175	1.296	8.7444	0.1349
	Procymidone	0.092		0.1	0.00128	6.480	1.2770	0.0197
	Chlorfenapyr	0.020		0.026	0.00027	1.685	1.0677	0.0165
Welsh onion	Cypermethrin	0.403	14.20	0.02	0.00572	1.296	28.613	0.4416
	Dimethomorph	2.285		0.2	0.03245	12.96	16.224	0.2504
	Procymidone	0.828		0.1	0.01176	6.480	11.75	0.1814

[a)]Acceptable daily intake (mg/kg·bw/day)
[b)]Estimated daily intake (mg/kg·bw/day) = {mean of conc. of pesticide (mg/kg) × daily food intak (g·bw/day)}/1000
[c)]Maximum permissible intake (mg/person/day) = ADI × 64.8 (kg)
[d)]% Acceptable daily intake = (EDI/ADI) × 100
[e)]% Maximum permissible intake = (MPI/ADI) × 100

도가 매우 높은 농약이었으나 2013년 조사에서는 17회 검출되어 검출횟수가 매년 감소하는 것으로 확인되었다. 이는 엔도설판이 작물 잔류성이 높고 내분비계 장애 추정물질로 활성이 높은 고독성의 농약으로 분류되어 2011년 12월 생산이 금지되었기 때문인 것으로 판단되며 추후 모니터링 검사에서는 더욱 검출률이 감소할 것으로 예상된다.

Table 9에서는 검출된 농약성분 중 같은 구조를 가진 동일 계열의 농약들의 검출률을 보여준다. Pyrethroid계열의 살충제 농약들은 전체 76건(16.0%)의 시료에서 검출되어 가장 빈번하게 검출되는 농약성분으로 파악되었으며 싸이퍼메쓰린(44건), 비펜스린(24건) 순으로 파, 시금치, 부추 등의 농산물에서 검출률이 높았다. 외국의 사례를 살펴보면, Jardim 등[23]은 pyrethroid계 농약 중 펜프로파스린이 피망 등의 농산물에서 40% 이상의 높은 검출률을 보였다고 보고하여 이번 강북지역 모니터링 결과와는 다빈도 검출농약 양상이 서로 다름을 확인할 수 있었다. 인체 독성이 큰 organophosphate계열의 농약들은 전체 농약검출 시료 474건 중 29건(6.1%)의 시료에서 검출되었으며 클로르피리포스(14건), 다이아지논(5건) 등의 농약들이 고추, 감귤 등의 농산물에서 가장 많이 검출되었다. Triazole계열의 농약성분들은 전체 17건(3.6%) 검출되었으며 그 중 디니코나졸이 엇갈이배추, 들깻잎 등에서 14건 검출되어 가장 검출률이 높은 농약이었다.

잔류 허용기준 이상으로 검출이 된 농약들을 살펴보면 살충제 7종, 살균제 7종 및 생장조절제 1종이었다. 살균제인 이프로디온과 프로시미돈이 2건씩 검출되었으며 그 외 13종은 1건씩 검출되는 양상을 보였다. 농작물에서 부적합 검출 농약들의 기준적용을 살펴보면 해당 작물에 검출농약의 기준이 설정되어 있는 경우는 6건 이었으며 검출농약의 기준이 설정되어 있지 않아 해당 작물 유사분류의 최저기준을 적용한 경우가 9건 이었다. 유사분류의 최저기준을 적용한 경우에는 해당 농약에 대한 잔류허용기준이 매우 낮아지므로 부적합 처리될 가능성이 많아지게 되며 이를 방지하기 위해서는 재배농가들이 농약사용지침을 반드시 준수하도록 지도감독을 강화하여야 할 것이다.

잔류 농약의 위해성 평가

시민 다소비 농산물이면서 잔류농약 검출률이 높았던 부추, 깻잎, 고추, 오이, 파 등 5종의 농산물을 대상으로 검출빈도가 높은 농약성분들에 대한 위해성 평가를 실시하였으며 그 결과는 Table 10과 같다. 일일섭취허용량(ADI) 대비 일일섭취추정량(EDI)은 1.050~28.613%로 모든 조사대상 농산물에서 안전한 수준으로 평가되었다. 파의 경우 위해성 평가 대상 농약들의 %ADI를 살펴보면 싸이퍼메쓰린 28.613%, 디메토모르프 16.224% 및 프로시미돈 11.750%로 모두 10%를 초과하였다. 반면 파를 제외한 다른 농산물의 %ADI는 모두 10% 이하로 낮은 수치를 보였다. 하지만 파의 %ADI 값이 다른 농산물에서의 검출농약들에 비해 높은 수치를 보이더라도 실제 성인 몸무게를 고려한 최대섭취허용량 대비 일일섭취추정량은 모두 0.5% 이하로 나타나 위해성이 없는 것으로 판단되었다. Do 등[26]의 기존의 연구결과에서도 국내 유통 농산물 1,064건에 대한 잔류농약 모니터링 결과 클로르피리포스 등 7종의 농약에 대한 위해성 평가 결과 %MPI가 0.03% 이하로 매우 안전하다고 보고하였다. 다만 섭취량이 많은 농산물의 경우 미량의 농약이 검출되더라도 일일섭취추정량이 커질 수 있으며 이로 인하여 농산물 섭취를 통한 위해성이 증가 할 수 있기 때문에 계속적인 잔류농약 모니터링을 통한 농약 잔류량 관찰과 체계적인 위해성 평가가 요구되어진다.

요 약

2013년 서울 북부지역에서 유통되는 농산물 2,877건을 대상으로 285종의 동시분석 농약에 대한 잔류실태를 조사하였다. 농약이 검출된 농산물은 385건 (13.4%)이었으며 잔류허용기준 이상으로 검출된 경우는 15건 (0.5%)이었다. 농산물 분류에 따라서는 엽경채류 23.4%, 박과이외 과채류 21.4%, 엽채류 11.8%의 순으로 검출률이 높았다. 개별 농산물 중에서는 돌나물 63.6%, 참나물 45.8%, 부추 44.5% 및 고추 30.8% 순이었다. 부추와 파는 부적합률이 높았던 농산물로 각각 5건, 4건이 부적합하였다. 2종 이상의 농약이 동시에 검출된 농산물은 74건 (18.5%)으로 깻잎, 부추, 시금치에서 높은 빈도를 보였다. 전체 45종의 검출농약을 용도별로 분류하면 살충제 22종, 살균제 21종, 제초제 및 생장조절제 각 1종이 검출되었으며 개별농약 중에서는 프로시미돈, 클로르훼나피르, 싸이퍼메쓰린 순으로 검출빈도가 높았다. 검출 농약에 대한 위해성 평가 결과 %ADI는 1.050~28.613% 이었으며 농산물 섭취에 따른 인체 위해성은 매우 낮은 것으로 판단되었다.

참고문헌

1. Wang, S., Wang, Z., Zhang, Y., Wang, J. and Guo, R.: Pesticide residues in market foods in Shaanxi Province of China in 2010. *Food Chem.*, **138**, 2016-2025 (2013).
2. Lee, H. J., Choe, W. J., Lee, J. Y., Cho, D. H., Kang, C. S. and Kim, W. S.: Monitoring of ergosterol biosynthesis inhibitor (EBI) pesticide residues in commercial agricultural products and risk assessment. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **38**, 1779-1784 (2009).
3. Farid, E. A.: Analyses of pesticides and their metabolites in foods and drinks. *Trends anal. chem.*, **20**, 649-661 (2001).
4. Sana, S. and Cetin, T.: Investigation of pesticide residues in vegetables and fruits grown in various regions of Hatay, Turkey. *Food Addit. Contam.: Part B*, **5**, 265-267 (2012).
5. Berrada, H., Fernandez, M., Ruiz, M. J., Molto, J. C., Manes,

J. and Font, G.: Surveillance of pesticide residues in fruits from Valencia during twenty months (2004/05). *Food Control*, **21**, 36-44 (2010).
6. WHO: Our planet, out health. Report of the WHO commission on health and environment, Geneva, Switzerland, (1992).
7. Ahn, J. W., Jeon, Y. H., Hwang, J. I., Kim, J. M. Seok, D. R., Lee, E. H., Lee, S. E., Chung, D. H. and Kim, J. E.: Monitoring of pesticide residues and risk assessment for fruits in market. *Korean J. Environ. Agric*., **32**, 142-147 (2013).
8. Park, K. S., Im, M. H., Choi, D. M., Jeong, J. Y., Chang, M. I., Kwon, K. I., Hong, M. K. and Lee, C. W.: Establishment of Korean maximum residue limits for pesticides in foods. *Korean J. Pestic. Sci.*, **9**, 51-59 (2005).
9. Lee, J. K. and Woo, H. D.: Current status for management of pesticide maximum residue limits in foods. *Food Sci. Ind.*, **43**, 2-23 (2010).
10. Kim, C. J., Jung, J. H., Lee, S. J., Park, Y. S. and Ko, S. H.: Calculation of food commodity intake for safety control of pesticide residues. *Food Sci. Ind.* **43**, 67-78 (2010).
11. Korea Food and Drug Administration. Korea Food Code. (2013).
12. US Environmental Protection Agency, Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act (FIFRA). Available from: http://www.epa.gov/agriculture/lfra.htm Accessed Apr. 21, 2014.
13. Lee, J. Y., Choe, W. J., Lee, H, J., Shin, Y. W., Do, J. A., Kim, W. S., Choi, D. M., Chae, K. R. and Kang, C. S.: Research on pesticides residue in commercial agricultural products in 2009. *J. Fd Hyg. Safety.* **25**, 192-202 (2010).
14. Jang, M. R., Moon, H. K., Kim, T. R., Yuk, D. H., Kim, J. H. and Park, S. G.: Dietary risk assessment for pesticide residues of vegetables in Seoul, Korea. *Korean J. Nutr.* **43**, 404-412 (2010).
15. Jang, M. R., Moon, H. K., Kim, T. R., Yuk,D. H., Kim, E. H., Hong, C. K., Choi, C. M., Hwang, I. S., Kim, J. H., Kim, M. S. and Chae, Y. Z.: Dietary exposure assessment by ages due to pesticide residues in vegetables. *Korean J. Pestic. Sci.*, **16**, 21-27 (2012).
16. Lee, J. Y., Noh, H. H., Lee, K. H., Park, S. H. and Kyung, K. S.: 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 (2012).
17. Winter, C. K. and Katz, J. M.: Dietary exposure to pesticide residues from commodities alleged to contain the highest contamination levels. *J. Toxicol*., **2011**, 1-7 (2011).
18. Lozowicka, B., Kaczynski, P., Jankowska, M., Rutkowska, E. and Hrynko, I.: Pesticide residues in raspberries (*Rubus idaeus L.*) and dietary risk assessment. *Food Addit. Contam.: Part B*, **5**, 165-171 (2012).
19. Korea Food and Drug Administration. Pesticide Residue Database. Available from: http://fse.foodnara.go.kr/residue/pesticides/pesticides_info.jsp. Accessed Apr. 21, 2014.
20. Ministry of Health and Welfare, Korea Health Statistics: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (2011).
21. Korea Research Institute of Standard and Science. Report of 6th Size Korea (2010).
22. Kim, Y. H., Park, S. K., Doo, O. J., Kim, O. H., Choi, Y. H., Han, S. H., Lee, C. Y., Kim, Y. K., Han, K. Y. and Chae, Y. Z. : Survey on pesticide residues in commercial agricultural products in the northern area of Seoul. *Report of S. I. H. E*., **48**, 62-73 (2012).
23. Jardim, A. N. O., and Caldas, E. D.: Brazilian monitoring programs for pesticide residues in food - Results from 2001 to 2010. *Food Control*, **25**, 607-616 (2012).
24. Korea Crop Protection Association. Available from: http://www.koreacpa.org/new/main.html. Accessed May. 15, 2014.
25. Han, S. H., Park, S. K., Kim, O. H., Choi, Y. H., Seoung, H. J., Lee, Y. J., Jung, H. J., Kim, Y. H., Yu, I. S., Kim, Y. K., Han, K. Y. and Chae, Y. Z.: Monitoring of pesticide residues in commercial agricultural products in the northern area of Seoul, *Korean J. Pestic. Sci.*, **16**, 109-120 (2012).
26. Do, J. A., Lee, H. J., Shin, Y. W., Choe, W. J., Chae, K. R., Kang, C. S. and Kim, W. S.: Monitoring of pesticide residues in domestic agricultural products, *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **39**, 902-908 (2010).