

서울북부지역 유통농산물의 잔류농약 실태 및 안전성 평가(2015~2016)

강북농수산물검사소

최채만* · 박경애 · 장미라 · 조성애 · 이경아
김윤희 · 박혜원 · 이상미 · 유인실 · 정 권

Monitoring of Pesticide Residues and Risk Assessment on Agricultural Products Marketed in the Northern Area of Seoul from 2015 to 2016

Kangbuk Agro-Fishery Products Inspection Center

**Chae-man Choi*, Kyung-ae Park, Mi-ra Jang,
Sung-ae Jo, Kyeong-ah Lee, Yun-hee Kim, Hae-won Park,
Sang-mi Lee, In-sil Yu and Kweon Jung**

Abstract

This survey was done to investigate the pesticide residues and to assess their risk on agricultural products on the markets in the northern area of Seoul from 2015 to 2016. The total number of samples were 5,733 for agricultural products and these were analysed by multi-residue methods for 285 pesticides using GC-ECD/NPD, GC-MS and HPLC-DAD/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 2015 and 2016 were 0.39% and 0.44%, respectively. The most frequently detected samples of 2015 and 2016 were chamnamul(55.6% and 54.8%), leek(52.4% and 46.5%), sedum(50.0% and 16.7%), perilla leaves(44.4% and 29.3%) and green & red pepper(38.3% and 19.4%). The pesticides detected yearly over during two years were procymidone, chlorfenapyr and cypermethrin. 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 0.009~0.38%. The results suggested that there was no health risk through dieting commercial agricultural products detected with pesticide residues.

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

서 론

우리나라의 식량생산에 있어서 농약이 공헌한 바가 매우 크며 그 필요성과 경제적 이득에 대한 평가가 이루어졌다. 그러나 식품 중의 잔류농약이 사회문제로 이슈화됨에 따라 잔류성농약인 유기인제와 유기염소제의 사용이 제한되고 있으며, 최근에는 농약의 종류에 관계없이 그들의 위험잠재성에 의하여 식품 중의 잔류농약이 계속적으로 문제시되고 있다(1).

농약은 농작물을 재배할 때 가장 큰 장애요인인 병해충과 잡초로부터 농작물을 보호하여 농산물을 안정적으로 생산하고 농업소득을 증대함은 물론 수확 후 농작물 저장단계에서도 중요한 역할을 한다. 하지만 농약은 잔류특성을 지니며 급·만성독성을 야기하는 것으로 알려져 있고 이로 인해 잔류농약 문제가 제기되고 있다(2).

세계보건기구(WHO)에 의하면 매년 전 세계적으로 300만건 이상의 농약 중독 사고가 발생하며 이중 약 22만 명이 사망하는 것으로 보고되었다(3). 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 오염을 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(4).

우리나라의 경우 1968년부터 잔류농약 모니터링을 실시하였으며, 식품의약품안전처에서 1988년 9월 처음으로 28종 농산물 17종 농약에 대한 잔류허용기준을 처음으로 설정한 이후, 현재까지 농산물 441종, 인삼 78종, 축산물 82종을 대상으로 잔류허용기준을 설정하여 관리하고 있다(5). 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(6).

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 있으며, 이러한 잔류농약 모니터링 결과를 바탕으로 한 안전성 평가는 1990년대 이후 우리나라에서 본격적으로 연구되기 시작하였고 그 후 이론적 섭취량에 따른 농약잔류허용기준의 타당성 및 섭취량 산출 방법에 대한 연구와 더불어 1일 추정 섭취량에 따른 농산물 섭취에 의한 위해성 평가 연구가 국내외적으로 많이 보고되었다(7).

이에 본 조사에서는 2015년부터 2016년까지 서울 북부(강북)지역 대형마트와 전통시장 등에서 유통되는 농산물에 대한 잔류농약 실태조사를 실시하였으며, 그 결과를 토대로 각 농산물에서 검출된 농약에 대한 섭취량을 추정하여 안전성을 평가하였다.

재료 및 방법

1. 검사시료 및 분석농약

2015년 1월부터 2016년 12월까지 서울북부(강북구, 광진구, 노원구, 도봉구, 동대문구, 마포구, 서대문구, 성동구, 성북구, 용산구, 은평구, 종로구, 중구, 중랑구)지역 백화점, 대형매장 및 전통시장 등에서 유통되고 있는 일반농산물 및 친환경(무농약 포함)농산물 127품목 5,733(2015년 2,806, 2016년 2,927)건을 대상으로 잔류농약을 검사하였으며 분석대상 농약은 표 1과 같이 285종을 대상으로 하였다.

2. 표준품 및 분석용 시약

잔류농약 분석용 표준품은 Dr Ehrensforfer GmbH(Augsburg, Germany), Chem Service(West Chester, USA), Sigma-Aldrich(St. Louis, USA), Honeywell(Wunstorf, Germany)를 구입하여 사용하였고, 사용된 모든 표준물질의 순도는 싸이퍼메트린(순도 91.5%)을 제외한 모든 제품이 98% 이상이었다. 주로 사용되는 추출용매인 아세토니트릴은 JT & Baker(Center Valley,

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, Dicolfol, Dieldrin, Diflubenzuron, Dimethoate, Dimethylvinphos, Disulfoton, Endosulfan, Endrin, EPN, Esprocarb, Ethiofencarb, Ethion, Ethoprophos, Etoxazole, Etrimfos, Fenamiphos, Fenazaquin, Fenitrothion, Fenobucarb, Fenothiocarb, Fenoxycarb, Fenpropathrin, Fenpyroximate, 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, Mevinphos, Monocrotophos, Novaluron, Omethoate, Oxamyl, Parathion, Parathion-Methyl, Permethrin, Phenothrin, Phenthoate, Phorate, Phosalone, Phosmet, Phosphamidone, Phoxim, Pirimicarb, Pirimiphos-ethyl, Pirimiphos-methyl, Profenofos, Propoxur, Prothiofos, Pymetrozine, Pyaclofos, Pyrethrines, Pyridaben, Pyridaryl, Pyridaphenthion, Pyrimidifen, Pyriproxyfen, Quinalphos, Simeconazole, Spiroclufen, Spiromecifen, Tebufenozide, Tebepenyprad, Tebupirimfos, Telfubenzuron, Tefluthrin, Thiachloprid, 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, Diphenamid, Dithiopyr, Diuron, Ethalfuralin, 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, Bentiavalicarb-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

USA), 정제에 사용된 아세톤과 핵산은 Kanto Chemical(Tokyo, Japan)의 제품을 사용하였고, 층 분리를 위해 사용된 염화나트륨(Sodium Chloride)은 Merck(Darmstadt, Germany)제품을 사용하였다.

3. 분석방법 및 분석기기

시료의 전처리 및 분석방법은 식품공전의 식품 중 잔류농약 분석법 다중농약다성분 분석법 제2법 및 식품공전 잔류농약 분석법 실무해설서를 참고하였다(8). 분석에 사용된 GC는 Agilent Technologies(Santa Clara, USA)의 HP 6890 및 7890 제품으로 유기염소계 농약은 μ Electron Capture Detector(μ ECD)를 연결하여 사용하였고 유기인계 농약은 Nitrogen Phosphorus Detector(NPD)로 분석하였다. 농약 검출 확인을 위한 Mass Spectrometer Detector(MSD)는 Agilent Technologies(Santa Clara, USA) HP 5973 모델을 사용하였다. High Performance Liquid Chromatography Diode Array Detector(HPLC-DAD)는 Agilent 1100 series를, High Performance Liquid Chromatography Fluorescence Detector(HPLC-FLD)는 Waters Service(Milford, USA)의 2695 모델을 사용하여 분석하였다.

4. 잔류농약의 안전성 평가

잔류농약의 안전성은 김 등(7)이 2013년 보고한 안전성 평가를 참고하였다. 검출된 개별농약의 안전성 평가는 농약이 검출된 농산물을 섭취할 경우를 가정하여 농산물 중 검출농약의 평균 잔류량(mg/kg)을 농산물의 1일섭취량(kg/day)과 곱하여 잔류농약 1일섭취추정량(Estimated daily intake, EDI, mg/kg bw/day)을 산출하였다. 잔류농약 1일 섭취허용량(Acceptable daily intake, ADI, mg/kg bw/day)은 식품의약품안전처 잔류농약 데이터베이스에서 제공하는 값을 이용하였으며(9), 이 두 값을 비교하여 안전성을 평가하고자 하였다. 개별 농산물의 식이섭취량은 2011년 국민건강통계 국민건강영양조사 5기 2차년도 자료를 참고하였다(10). 그리고 잔류농약 섭

취허용량 대비 식이섭취율 %ADI를 계산하였다.

결과 및 고찰

1. 유통농산물의 잔류농약 실태분석

전체 농산물 중 잔류허용기준(Maximum Residue Level, MRL) 이하로 농약이 검출된 농산물은 2015년 351(12.5%)건, 2016년 282(9.6%)건으로 나타났으며, 농약 잔류허용기준을 초과한 농산물은 2015년 11(0.39%)건, 2016년 13(0.44%)건이었다. 이를 지난 5년간 서울지역 유통농산물에 대한 잔류농약 모니터링 결과와 비교해 보면 검출률과 부적합률 모두 5년전에 비해 거의 비슷하거나 감소하였다. Kim 등(7)의 보고에 따르면 검출률은 2011년 14.8%, 2012년 12.9%, 2013년 13.4%, 2014년 13.7%, 2015년 12.5%, 2016년 9.6%이었으며 부적합률은 2011년 1.0%, 2012년 0.9%, 2013년 0.5%, 2014년 0.5%, 2015년 0.4%, 2016년 0.4%로서 꾸준히 감소하였음을 확인할 수 있었다. 그러나 Kim 등(11, 16)의 보고에 의하면 식약처에서 실시한 국내 유통농산물의 잔류농약 모니터링 결과 검출률은 2004년 11.8%, 2005년 5.0%, 2006년 27.3%, 2012년 21.8%, 2015년 26.7%이었으며 부적합률은 2004년 3.2%, 2005년 1.8%, 2006년 2.7%, 2007년 2.1%, 2012년 0.3%, 2015년 0.9%로서 본 연구결과와 다르게 나타났다.

이는 농약검사 기관의 지속적인 모니터링 효과, 재배 농가의 친환경 재배농법 비중 확대, 농약사용에 대한 농민들의 홍보 및 교육이 검출률 감소에 기여한 것으로 생각된다. 이와 같이 서로 다른 결과를 나타내는 것은 잔류농약 모니터링을 할 때 농산물의 종류와 시료 수, 조사대상 농약의 종류 및 조사지역들이 차이가 있기 때문인 것으로 판단된다.

2. 유통농산물의 유형별 분류에 따른 잔류농약 검출 현황

농산물 분류에 따른 잔류농약 분포를 살펴보면 표 2와 같다. 채소류는 2015년 2,048건 중 314건

Table 2. Results of pesticide residues detected in agricultural products(2015~2016)

Type	Group	Commodity	Samples analyzed		No. of sample detected(%)	
			2015	2016	2015	2016
Vegetables	Total		2,806	2,927	351 (12.51)	282 (9.63)
	Leafy vegetables	Lettuce(leaf)	176	230	14 (7.95)	20 (8.70)
		Spinach	108	92	24 (22.22)	14 (15.22)
		Ssam cabbage	77	82	15 (19.48)	11 (13.41)
		Perilla leaves	36	75	16 (44.44)	22 (29.33)
		Lettuce(head)	74	39	4 (5.41)	2 (5.13)
		Radish leaves	54	49	3 (5.56)	2 (4.08)
		Crown daisy	24	39	1 (4.17)	4 (10.26)
		Chicory	38	54	6 (15.79)	1 (1.85)
		Kale	24	35	1 (4.17)	3 (8.57)
		Mustard green	15	24	2 (13.33)	10 (41.67)
		Chamnamul	18	31	10 (55.56)	17 (54.84)
		Chard	29	24	7 (24.14)	2 (8.33)
		Marsh mallow	32	18	3 (9.38)	0 (0.00)
		Chwinamul	22	36	7 (31.82)	6 (16.67)
		Mustard leaf	11	13	4 (36.36)	1 (7.69)
		Others	214	380	43 (20.09)	42 (11.05)
		Subtotal	952	1,221	160 (16.81)	157 (12.86)
	Stalk and stem vegetables	Welsh onion	118	79	26 (22.03)	18 (22.78)
		Leek	105	43	55 (52.38)	20 (46.51)
		Water dropwort	84	72	1 (1.19)	5 (6.94)
		Celery	30	32	3 (10.00)	4 (12.50)
		Green garlic	9	7	2 (22.22)	1 (14.29)
		Wild garlic	5	5	1 (20.00)	1 (20.00)
		Sedum	4	6	2 (50.00)	1 (16.67)
		Others	117	86	12 (10.26)	14 (16.28)
	Subtotal	472	330	102 (21.61)	64 (19.39)	
	Root and tuber vegetables	Carrot	23	7	0 (0.00)	0 (0.00)
		Radish(root)	19	41	0 (0.00)	0 (0.00)
		Onion	35	22	0 (0.00)	2 (0.00)
		Garlic	14	12	0 (0.00)	0 (0.00)
		Others	93	62	0 (0.00)	0 (0.00)
Subtotal	184	144	0 (0.00)	0 (0.00)		
Fruiting vegetables, cucurbits	Cucumber	42	43	5 (11.90)	1 (2.33)	
	Squash	45	61	4 (8.89)	2 (3.28)	
	Others	46	27	5 (10.87)	2 (7.41)	
	Subtotal	133	131	14 (10.53)	5 (3.82)	
Fruiting vegetables other than cucurbits	Green & Red pepper	47	119	18 (38.30)	23 (19.33)	
	Sweet pepper	31	34	7 (22.58)	1 (2.94)	
	Eggplant	48	17	5 (10.42)	0 (0.00)	
	Tomato	27	26	3 (11.11)	0 (0.00)	
	Others	25	5	5 (20.00)	2 (40.00)	
Subtotal	178	201	38 (21.35)	27 (13.43)		
Flowerhead brassicas	Broccoli	70	45	2 (2.86)	0 (0.00)	
	Korean cabbage	42	84	2 (4.76)	1 (1.19)	
	Cabbage	17	21	0 (0.00)	0 (0.00)	
	Subtotal	129	150	4 (3.10)	1 (0.67)	
Subtotal			2,048	2,177	314 (15.33)	254 (11.67)

Table 2. (Continued)

Type	Group	Commodity	No. of sample		No. of sample detected(%)	
			2015	2016	2015	2016
Fruits	Stone fruits	Jujube	12	13	2(16.67)	2(15.38)
		Peach	9	9	1(11.11)	0(0.00)
		Cherry	6	7	3(50.00)	4(57.14)
		Others	11	17	0(0.00)	1(58.88)
		Subtotal	38	46	6(15.79)	7(15.22)
	Pome fruits	Apple	37	26	3(8.11)	2(7.69)
		Persimon	16	18	0(0.00)	0(0.00)
		Others	27	39	1(3.70)	1(2.56)
		Subtotal	80	83	4(5.00)	4(4.82)
	Citrus fruits	Mandarin	23	21	13(56.52)	6(28.57)
		Orange	11	19	6(54.55)	4(44.44)
		Lemon	5	6	1(20.00)	1(16.67)
		Others	27	19	0(0.00)	1(5.26)
		Subtotal	66	65	20(30.30)	12(21.82)
	Berries and other small fruits	Grape	18	19	1(5.56)	4(21.05)
		Strawberry	22	14	0(0.00)	0(0.00)
		Others	2	4	0(0.00)	0(0.00)
		Subtotal	42	37	1(2.38)	4(10.81)
	Assorted tropical and sub-tropical fruits	Kiwifruit	17	19	2(11.76)	0(0.00)
		Banana	18	26	4(22.22)	1(3.85)
		Mango	5	5	0(0.00)	0(0.00)
		Others	4	1	0(0.00)	0(0.00)
		Subtotal	44	51	6(13.64)	1(2.44)
Subtotal			270	282	37(13.70)	28(10.69)
Mushrooms	Oyster mushroom	16	29	0(0.00)	0(0.00)	
	King oyster mushroom	29	41	0(0.00)	0(0.00)	
	Others	105	85	0(0.00)	0(0.00)	
	Subtotal	150	155	0(0.00)	0(0.00)	
Potatoes	Potato	31	27	0(0.00)	0(0.00)	
	Sweet potato	29	19	0(0.00)	0(0.00)	
	Others	9	17	0(0.00)	0(0.00)	
	Subtotal	69	63	0(0.00)	0(0.00)	
Nuts & seeds	Chestnut	10	12	0(0.00)	0(0.00)	
	Gingko nut	61	50	0(0.00)	0(0.00)	
	Subtotal	71	62	0(0.00)	0(0.00)	
Cereal grains	Rice	107	107	0(0.00)	0(0.00)	
	Barley	7	12	0(0.00)	0(0.00)	
	Subtotal	114	119	0(0.00)	0(0.00)	
Beans	Soybean	12	13	0(0.00)	0(0.00)	
	Subtotal	12	13	(0.00)	(0.00)	
Sprout products	Soy bean sprouts	28	37	0(0.00)	0(0.00)	
	Mung bean sprouts	44	19	0(0.00)	0(0.00)	
	Subtotal	72	56	(0.00)	(0.00)	

(15.3%), 2016년 2,177건 중 254건(11.7%)으로 잔류농약이 검출되었으며 과일류는 2015년 270건 중 37(13.7%)건, 2016년 282건 중 28(10.7%)건으로 나타났다. 반면에 버섯류, 서류, 견과종실류, 곡류, 콩류 및 두채류는 잔류농약이 검출되지 않았다. 채소류 중에서 형태에 따른 검출률을 살펴보면 2015년도에 엽경채류, 박과이외 과채류 및 엽채류 21.6%, 21.4%, 16.8% 순으로 높았으며, 2016년도에 엽경채류, 박과이외 과채류 및 엽채류 19.4%, 13.4%, 12.9% 순으로 검출률이 높았다. 반면에 결구엽채류는 2015년 3.1%, 2016년 0.7%의 검출률을 보여 상대적으로 매우 낮았다. 채소류는 곡류나 과실류에 비해 제한된 면적에서 집단화된 시설 재배가 대부분이며 이로 인해 병해충에 취약하기 때문에 농약 사용량이 많아 이로 인해 잔류량 또한 높은 것으로 판단된다. 개별 농산물 중에서는 2015년과 2016년 모두 참나물 55.6%, 부추 52.4%, 돌나물 50.0%, 깻잎 44.4% 및 고추 38.3% 순으로 검출률이 높았다. 이는 Kim 등(7)의 2013년 돌나물 63.6%, 참나물 45.8%, 부추 44.5%, 깻잎 25.0%와 Jo 등(12)의 2014년 부추 54.2%, 참나물 45.5%, 돌나물 37.5%, 깻잎 32.3% 모니터링 결과와 약간의 차이는 있지만 거의 유사함을 확인할 수 있었고 품목별 검출률 현황을 기초자료로 사용하여 이후 잔류농약 모니터링 할 때 검출률이 높았던 농산물을 집중수거품목으로 선정할 필요성이 있는 것으로 판단되었다.

2015년과 2016년 농산물 잔류허용기준 이상으로 농약이 검출된 부적합 농산물은 표 3과 같다. 부추 3건(2.9%)과 2건(4.7%), 파 2건(1.7%)과 1건(1.3%), 싹배추와 겨자채는 2016년만 유일하게 각각 2건으로 각 2.4%, 8.3%로 나타났으며 그 외 2015년 참나물, 양상추, 마늘쫑, 갓, 청경채, 취나물, 2016년 시금치, 미나리, 셀러리, 배추, 민들레, 치커리에서 1건씩 검출되어 총 11과 13건 이었다.

또한 부적합 농산물의 잔류농약 검출량은 최소의 경우 겨자채에서 디니코나졸이 잔류허용기준의 약 1.5배(0.46/0.3 mg/kg)의 농도로 검출되었으며 셀러리에서는 에토프로포스가 기준치의 최대 49.5배(0.99/0.02 mg/kg)까지 검출되기도 하였다. 특히 부추의 프로사이미돈은 2014년 7건

(4.9%), 2015년 2건(1.9%), 2016년 1건(2.3%)로 부적합률이 높았다(12). 잔류허용기준 이상으로 검출된 농산물은 모두 엽채류와 엽경채류였다. 그러나 이들은 실제 섭취시 세척 및 가열조리 등에 의해 대부분의 농약들이 소실되기 때문에 안전한 것으로 알려지고 있으며 소비자들이 안전하게 농산물을 섭취할 수 있도록 홍보 및 교육을 강화할 필요가 있을 것으로 판단된다(7).

3. 농약별 잔류농약 검출 빈도

2015년 1월에서 12월까지 잔류농약 모니터링 결과 285종의 검사 대상 농약 중 검출된 농약은 표 4와 같이 아크리나트린 등 39종의 농약이 총 367회 검출되었다. 또한 2016년도 표 5와 같이 아세타미프리드 등 37종의 농약이 총 314회 검출되었다. 이는 2013년 강북지역 모니터링 결과 45종의 농약이 474회 검출되었고, 2014년 39종의 농약이 493회 검출되었던 것과 비교하면 감소한 것으로 확인되었다(12).

검출농약을 생물학적 작용(용도)에 따른 분류를 하면 2015년 살충제 19종이 178회(48.5%), 살균제 18종이 195회(53.1%), 제초제 및 생장조절제 각 1종이 4회(1.1%) 검출되었고 2016년도에 살충제 17종이 141회(44.9%), 살균제 20종이 170회(54.1%), 제초제 및 생장조절제 각 2종이 17회(5.4%) 검출되었으며 살균제가 가장 많이 검출되는 것으로 파악되었다. 2011년도 작물보호협회(13)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 사용되지만 농작물 잔류성이 살균제가 높아 잔류농약 모니터링 검사에서 가장 빈번하게 검출되는 것으로 판단되었다.

개별 농약 중에서 가장 빈번하게 검출된 농약은 2015년 프로사이미돈 120회(0.013~11.516 mg/kg), 클로르페나피르 61회(0.002~2.011 mg/kg), 사이퍼메트린 39회(0.024~1.518 mg/kg), 비펜트린 18회(0.031~0.300 mg/kg), 디니코나졸 17회(0.013~1.573 mg/kg), 아즉시스트로빈 12회

(0.134~2.312 mg/kg) 순이었고, 2016년 프로사 이미돈 75회(0.003~7.271 mg/kg), 클로르페나 피르 43회(0.010~3.805 mg/kg), 사이피메트린 23회(0.007~1.480 mg/kg), 디니코나졸 20회(0.020~1.313 mg/kg), 아죽시스트로빈 15회(0.229~3.941 mg/kg) 순이었다. 이는 이전의 모니터링 결과(7,12)와 거의 비슷하였고 검출빈도가 높은 농약들은 매년 비슷한 양상을 보였다.

특히 매년 가장 빈번하게 검출되었던 프로사이미돈은 물리화학적으로 빛과 열, 습기에 안정한 살균제로 토양환경에서 흡착력이 높고 살포된 환경내에서 분해가 서서히 진행되어 작물 중 잔류성이 높고 검출률이 높게 나오는 것으로 판단되었다(7).

Han 등(14)의 2011년 잔류농약 모니터링 결과

와 Jo 등(12)의 2014년 모니터링 결과에서는 엔도설판이 각각 79회, 12회 검출되었고 2015년 조사에서는 3회, 2016년 조사에서는 1회 검출되어 검출횟수가 매년 감소하는 경향을 보이고 있다. 특히 엔도설판은 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 물질로서 2011년 12월부터 식용작물에는 사용이 금지되었고, 담배나 뽕나무에만 사용이 허용된 고독성 농약으로 토양에 사용할 때에도 주의사항을 꼭 준수하여야 한다(15).

Table 3. Detailed results about pesticides exceeding MRL in various vegetables(2015~2016)

Vegetables	Pesticides exceeding MRL	Conc. of detection(mg/kg)		MRLs ^{a)} (mg/kg)
		2015	2016	
Leek(105 ^{b)} /43) ^{c)}	Iprodione	2.69	-	0.1
	Procymidone	11.52/10.06	7.27	5.0
	Fludioxonil	-	2.32	0.5
Welsh onion(118/79)	Dimethomorph	5.13	-	3.0
	Chlorpyrifos	-	0.08	0.01
	Iprodione	0.34	-	0.1
Spinach(108/92)	Boscalid	-	2.60	0.3
Chamnamul(18/31)	Chlorpyrifos	0.24	-	0.01
Water dropwort(84/72)	Iprobenfos	-	0.44	0.2
Celery(30/32)	Ethoprophos	-	0.99	0.02
Korean cabbage(42/84)	Kresoxim-methyl	-	0.76	0.03
Dandelion(2/3)	Fludioxonil	-	1.01	0.05
Lettuce(head)(74/39)	Flutolanil	4.63	-	0.7
Stem of garlic(9/7)	Iprodione	1.78	-	0.1
Ssam cabbage(77/82)	Metconazole	-	0.19	0.05
	Pendimethalin	-	0.20	0.07
Mustard leaf(11/33)	Diazinon	0.56	-	0.1
Chicory(38/54)	Diniconazole	-	1.31	0.3
Chinese vegetables(39/42)	Diazinon	0.59	-	0.1
Chwinamul(22/36)	Pendimethalin	0.39	-	0.2
Gyeojachae(15/24)	Diazinon	-	0.84	0.05
	Diniconazole	-	0.46	0.3

a) MRLs : Maximum Residue Limits.

b) 2015 sampes

c) 2015 sampes

Table 4. Frequency of detectable pesticide residues found in the monitoring survey(2015)

Classification by biological action	Pesticide	Frequency of detection		Detection range (mg/kg)	MRLs (mg/kg)
		≤ MRL ^{a)}	> MRL ^{b)}		
Insecticide	Acetamifrid	1	-	0.053	10
	Bifenthrin	7	-	0.010~0.138	0.05~20
	Chlorfenapyr	43	-	0.010~3.805	0.5~5.0
	Chlorpyrifos	5	1	0.010~0.076	0.01~0.7
	Cyhalothrin	3	-	0.016~0.095	0.5~3.0
	Cypermethrin	23	-	0.007~1.480	0.5~5.0
	Diazinon	9	1	0.026~0.836	0.05
	Diniconazole	20	2	0.020~1.313	0.3~0.7
	Endosulfan	1	-	0.015	0.1
	Ethoprophos	1	1	0.436	0.2
	Fenitrothion	1	-	0.045	5.0
	Fenazaquin	1	-	0.078	0.7
	Fenvalerate	4	-	0.107~0.374	0.5~1.0
	Phenthoate	3	-	0.021~0.080	0.1~1.0
	Pyridaben	1	-	0.375	3.1
	Pyridalyl	1	-	0.394	10
	Tebufenpyrad	13	-	0.039~0.670	0.5~5.0
	Subtotal	137	4		
Fungicide	Azoxystrobin	15	-	0.229~3.941	3.0~20
	Boscalid	2	1	0.113~2.600	0.0~5.0
	Captan	1	-	0.281	5.0
	Chlorothalonil	9	-	0.116~2.095	0.5~5.0
	Diethofencarb	9	-	0.107~0.565	5.0~20
	Dimethomorph	12	-	0.233~2.423	3.0~20
	Fludioxonil	13	2	0.071~2.317	0.5~7.0
	Flutolanil	4	-	0.066~0.131	0.7~5.0
	Imazalil	5	-	0.047~0.900	5.0
	Iprodione	5	-	0.070~0.999	10
	Iprobenfos	1	1	0.436	0.2
	Kresoxim-methyl	4	1	0.171~1.018	0.03~30
	Metconazole	2	1	0.010~0.138	0.05~20
	Procymidone	75	1	0.003~7.271	2.0~5.0
	Pyrimethanil	2	-	0.167~0.566	3.0~5.0
	Tolyfluamid	2	-	0.017~0.244	1.0~2.0
	Triflumizole	1	-	1.455	2.0
	Vinclozolin	1	-	0.64	1.0
Subtotal	163	7			
Herbicide	Pendimethalin	2	1	0.111~0.198	0.07~0.7
Plant growth regulator	Pacllobutrazole	14	-	0.045~3.518	0.5~5.0
Total		314	13		

a) ≤ MRL : detectable pesticide residues below and at maximum residue limit.

b) > MRL : detectable pesticide residues over maximum residue limit.

Table 5. Frequency of detectable pesticide residues found in the monitoring survey(2016)

Classification by biological action	Pesticide	Frequency of detection		Detection range (mg/kg)	MRLs (mg/kg)
		≤ MRL ^{a)}	> MRL ^{b)}		
Insecticide	Acetamifrid	1	-	0.053	10
	Bifenthrin	7	-	0.010~0.138	0.05~20
	Chlorfenapyr	43	-	0.010~3.805	0.5~5.0
	Chlorpyrifos	5	1	0.010~0.076	0.01~0.7
	Cyhalothrin	3	-	0.016~0.095	0.5~3.0
	Cypermethrin	23	-	0.007~1.480	0.5~5.0
	Diazinon	9	1	0.026~0.836	0.05
	Diniconazole	20	2	0.020~1.313	0.3~0.7
	Endosulfan	1	-	0.015	0.1
	Ethoprophos	1	1	0.436	0.2
	Fenitrothion	1	-	0.045	5.0
	Fenazaquin	1	-	0.078	0.7
	Fenvalerate	4	-	0.107~0.374	0.5~1.0
	Phenthoate	3	-	0.021~0.080	0.1~1.0
	Pyridaben	1	-	0.375	3.1
	Pyridalyl	1	-	0.394	10
	Tebufenpyrad	13	-	0.039~0.670	0.5~5.0
Subtotal	137	4			
Fungicide	Azoxystrobin	15	-	0.229~3.941	3.0~20
	Boscalid	2	1	0.113~2.600	0.0~5.0
	Captan	1	-	0.281	5.0
	Chlorothalonil	9	-	0.116~2.095	0.5~5.0
	Diethofencarb	9	-	0.107~0.565	5.0~20
	Dimethomorph	12	-	0.233~2.423	3.0~20
	Fludioxonil	13	2	0.071~2.317	0.5~7.0
	Flutolanil	4	-	0.066~0.131	0.7~5.0
	Imazalil	5	-	0.047~0.900	5.0
	Iprodione	5	-	0.070~0.999	10
	Iprobenfos	1	1	0.436	0.2
	Kresoxim-methyl	4	1	0.171~1.018	0.03~30
	Metconazole	2	1	0.010~0.138	0.05~20
	Procymidone	75	1	0.003~7.271	2.0~5.0
	Pyrimethanil	2	-	0.167~0.566	3.0~5.0
	Tolyfluanid	2	-	0.017~0.244	1.0~2.0
	Triflumizole	1	-	1.455	2.0
Vinclozolin	1	-	0.64	1.0	
Subtotal	163	7			
Herbicide	Pendimethalin	2	1	0.111~0.198	0.07~0.7
Plant growth regulator	Pacllobutrazole	14	-	0.045~3.518	0.5~5.0
Total		314	13		

a) ≤ MRL : detectable pesticide residues below and at maximum residue limit.

b) > MRL : detectable pesticide residues over maximum residue limit.

4. 잔류 농약의 안전성 평가

시민 다소비 농산물이면서 검사 건수가 많고 잔류농약 검출빈도가 높은 부추, 깻잎, 고추, 파 등 4종의 농산물을 대상으로 안전성 평가를 실시하였으며 표 6과 같이 그 결과는 1일 농약섭취량(ADI) 대비 1일 추정섭취량(EDI)은 0.009~0.38%로 모든 조사 대상 농산물에서 안전한 수준으로 평가되었다.

안전성 평가 대상 농약들의 %ADI를 살펴보면 파에서 클로로탈로닐 0.380%, 깻잎에서 싸이퍼메트린 0.235%, 부추에서 클로르페나피르와 프로사이미돈 0.046%로 모두 1%이하로 낮았다. 특히 김 등(15)의 연구에서는 파에서 프로사이미돈이 2.734%로 높았지만 본 연구에서는 파에서 프로사이미돈이 0.065%로 아주 낮게 나타났다. 이들의 1인 1일 농약섭취량 대비 1일 추정섭취량이 모두 1% 미만으로 인체에 대한 위해성은 아주 낮은 것으로 판단된다.

요 약

2015년 1월부터 2016년 12월 까지 서울 북부지역에서 유통되는 농산물 5,733(15년 2,806, 16년 2,927)건을 대상으로 285종의 동시분석 농약에 대한 잔류실태를 조사하였다. 농약이 검출된 농산물은 2015년 351(12.51%)건, 2016년 282(9.63%)건 이었으며, 잔류허용기준 이상으로 검출된 경우는 2015년 11(0.39%)건 2016년 13(0.44%)건으로 나타났다. 농산물 분류에 따라서는 2015년 엽경채류 21.6%, 박과이의 과채류 21.4%, 엽채류 16.8%, 2016년 엽경채류 19.4%, 박과이의 과채류 13.4%, 엽채류 12.9%의 순으로 검출률이 높았다. 개별 농산물 중에서 잔류농약 검출률이 높은 품목은 2015년 참나물 55.6%, 부추 52.4%, 돌나물 50.0%, 깻잎 44.4%, 고추 38.3%, 2016년 참나물 54.8%, 부추 46.5%, 겨자채 41.7%, 깻잎 29.3%, 파 22.8% 순이었다. 부적합률이 높았던 농산물은

Table 6. Risk assessment of pesticides frequently found in agricultural products showing high occurrence of pesticide residues

Commodity	Pesticide detected	Daily food intake(g/day)	Average conc. ^{a)}	MRL (mg/kg)	ADI ^{b)} EDI ^{c)}		%ADI ^{d)}
					mg/kg · bw/day		
Leek	Chlorfenapyr	1.64	0.474	3.0	0.026	0.00078	0.046
	Fenvalerate		0.113	0.5	0.02	0.00019	0.014
	Procymidone		1.821	5.0	0.1	0.00299	0.046
Perilla leaves	Cypermethrin	3.89	0.783	5.0	0.02	0.00305	0.235
	Azoxystrobin		2.294	20	0.2	0.00892	0.069
	Diniconazole		0.112	0.3	0.02	0.00044	0.034
Green & red pepper	Chlorfenapyr	6.21	0.118	0.7	0.026	0.00073	0.043
	Chlorpyrifos		0.026	0.7	0.01	0.00016	0.025
	Procymidone		0.280	5.0	0.1	0.00174	0.027
Welsh onion	Fludioxonil	14.20	0.158	7.0	0.4	0.00224	0.009
	Chlorothalonil		0.347	2.0	0.02	0.00493	0.380
	Procymidone		0.296	5.0	0.1	0.00420	0.065

a) $\Sigma(\text{detected concentration})/\text{number of total sample}$

b) $\text{ADI}(\text{mg}/\text{man}/\text{day}) * 64.8\text{kg}(\text{Average body of Korea adults})$

c) $\text{Estimated daily intake}(\text{mg}/\text{kg} \cdot \text{bw}/\text{day}) = \{\text{mean of conc. of pesticide}(\text{mg}/\text{kg}) \times \text{daily food intake}(\text{g} \cdot \text{bw}/\text{day})\} / 1000$

d) $\% \text{Acceptable daily intake} (\text{EDI}/\text{ADI}) \times 100$

부추 2015년 3(2.9%)건, 2016년 2 (4.7%)건, 파 2015년 2(1.7%)건, 2016년(1.3%)건으로 나타났다. 전체 39종의 검출농약을 용도별로 분류하면 2015년 살충제 19종, 살균제 18종, 제초제 및 생장조절제 2종, 2016년 살충제 17종, 살균제 20종, 제초제 및 생장조절제 2종이 검출되었으며, 개별 농약 중에서도 2년 동안 프로사이미돈, 클로르페나피르, 싸이퍼메트린 순으로 검출빈도가 높았다. 검출 농약에 대한 위해성 평가 결과 %ADI는 0.009~0.38%이었으며 농산물 섭취에 따른 인체 위해성은 낮은 것으로 판단되었다.

참고문헌

1. 이서래 : 식품 안전성, 자유아카데미, p.137 ~193, 2008.
2. Pyysalo, H : Pesticide Chemistry, Pergamon New York, 4, p.123~128, 1983.
3. WHO : Our planet, our health. Report of the WHO commission on health and environment, Geneva, Switzerland, 1992.
4. 안지운, 전영환, 황정인, 김효영, 김지환, 정덕화, 김장영 : 국내 유통 농산물 중 과채류와 근채류의 잔류농약 모니터링 및 위해성 평가, 한국환경농학회지, 31(2):164~169, 2012.
5. 식품의약품안전처, 식품공전, 2014.
6. US Environmental Protection Agency, Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act(FIFRA). Available from: <http://www.epa.gov/agriculture/lfra.htm> Accessed Apr. 21, 2014.
7. 김남훈, 이정숙, 김옥희, 최영희, 한성희, 김윤희, 김희선, 이새람, 이정미, 유인실, 정권 : 2013년 서울북부 지역 유통농산물의 잔류농약 모니터링 및 위해성 평가, 식품위생안전성학회지, 29(3):170~180, 2014.
8. 식품의약품안전처 : 식품공전 잔류농약 분석법 실무해설서, 2015.
9. Ministry of Food and Drug Safety : Pesticide Residue Database , Available from : http://fse.foodnara.go.kr/residue/pesticides/pesticides_info.jsp Accessed Dec. 10. 2015.
10. Ministry of Health and Welfare : Korea Health Statistics, Korea National Health and Nutrition Examination Survey, 2011.
11. 김재영, 이상목, 이한진, 장문익, 강남숙, 김남선, 김희정, 조운제, 정지윤, 김미경, 이규식 : 국내 유통농산물의 잔류농약 모니터링 및 위해성 평가 -2013, J Appl Biol Chem, 57(3):235~242, 2014.
12. 조성애, 이정숙, 박경애, 정소영, 김남훈, 김윤희, 박혜원, 류회진, 이정미, 유인실, 정권 : 서울북부지역 유통농산물의 잔류농약 모니터링 및 위해성 평가(2014), 서울특별시 보건환경연구원보, 51:83~98, 2015.
13. Korea Crop Protection Association. Available from : <http://www.koreacpa.org/new/main.html>. Accessed May. 15, 2014.
14. 한성희, 박성규, 김옥희, 최영희, 승현정, 이영주, 정희정, 김윤희, 유인실, 김유경, 한기영, 채영주 : 서울 북부지역 유통농산물의 농약 잔류실태, 농약과학회지, 16(2):10~9120, 2012.
15. 김혜영, 이수연, 김철기, 최은정, 이은주 조남규, 이제만, 김용희 : 인천광역시 유통 농산물의 최근 3년 간의 잔류농약 실태 및 안전성 조사, 한국환경농학회지, 32(1):61~69, 2013.
16. 강남숙, 김성철, 강윤정, 김도형, 장진옥, 원세라, 현재희, 김동연, 정일용, 이규식, 신영민, 정동윤, 김상업, 박주영, 권기성, 지영애 : 국내 유통 다소비 잔류농약 모니터링 및 노출평가, 농약과학회지, 19(1):32~40, 2015.