서울特別市 保健環境硏究院報 第51號 (2015)
Report of S.I.H.E., 51:39~52 (2015)

서울 강남지역 유통 농산물 중 농약 잔류실태(2015)

농산물검사팀

이명숙 · 장민수 · 조성자 · 이인숙 · 이윤정 · 금진영
김나영 · 김지혜 · 곽보람 · 조한빈 · 김무상 · 정 권

A Survey on Pesticide Residues found in Commercial Products Collected from Markets in Gangnam Area of Seoul in 2015

Agricultural Product Inspection Team

Myung-sook Lee, Min-su Chang, Sung-ja Cho, In-sook Lee, Yun-jeong Lee, Jin-young Kum, Na-young Kim, Ji-hye Kim, Bo-ram Kwak, Han-bin Cho, Moo-sang Kim and Kweon Jung

Abstract

Concentrations of 285 different pesticide residues were measured by multi-residue methods on a GC-ECD/NPD and an HPLC-UVD/FLD, for 6,667 commercial agricultural products collected from the Gangnam area of Seoul. Residues were detected in 21.7% of the products, with 1.1% exceeding the maximum allowable residue limits(MRLs) for Korea. Pesticide residues that detected were most frequently found in 4 vegetable types: in 59.1% of perilla leaves; 55.7% of Chamnamul; 36.2% of chard; and 36.1% of celery. The highest levels of violation were found in perilla leaf(10 cases), lettuce(9 cases), spinach(9 cases) and chard(5 cases). Residual pesticides that exceeded their MRLs and listed in order of frequency were diazinon, pyridalyl, chlorpyrifos, flufenoxuron, diniconazole, procymidone, and flubendiamide. These results indicate that the residue levels of pesticides in agricultural products collected from markets in the Gangnam area of Seoul are low enough to be considered safe.

Key words : pesticide residues, agricultural products, MRLs

서 론

친환경농산물에 대한 소비자들의 수요가 급증함에 따라 유기농, 친환경농산물 재배가 매년 증가하고 있지만 일반 농산물의 재배 과정에서 농약의 사용을 완전히 배제할 수는 없는 실정이다. 이러한 농약은 물리화학적 특성에 따라 농산물 및 토양에 잔류하여 인간과 환경에 영향을 미칠 수 있지만 농산물의 품질과 생산량을 증가시키고 노동력 절감을 위한 필수농자재로서 농약이 없을 경우 전체의 70%에 달하는 농산물생산이 불가능하게 될 것으로 보고되고 있다(1). 현재 농촌진흥청에 등록되어 사용되고 있는 농약은 2,956품목으로(2) 우리나라의 단위면적(ha)당 농약사용량은 1998년 10.4 kg에서 2001년 이후 약 13 kg 내외 수준을 보이다가 2014년 11.3 kg으로 감소하였다. 일본 15.3 kg(2009년), 네덜란드 10.1 kg(2011년), 프랑스 3.2 kg(2010년), 영국 2.3 kg(2010년) 등 주요국과 비교하면 다소 높은 수준으로, 고온다습한 기후로 인한 병해충 발생과 연중재배, 집약생산 등의 영농특성으로 인하여 사용량이 많은 편이나 최근 친환경농산물 생산 증가, 농산물에 대한 안전성 기준 강화 등으로 사용량이 감소될 전망이다(3).

농약은 사용목적에 따라 살충제, 살균제, 제초제, 살비제, 생장조절제, 식물활성제 등으로 분류되며, 농산물의 1일 섭취량을 고려할 때 농산물에 잔류하는 농약은 적은 양으로 급성독성을 일으킬 가능성은 매우 낮으나 농산물을 비롯한 식품은 일생동안 섭취하기 때문에 검출빈도와 그 수준이 높아질수록 농약의 만성독성이 문제될 수 있다(4).

우리나라의 잔류농약 모니터링 사업은 1968년부터 실시되었으며(5), 1988년 9월에 28종의 농산물을 대상으로 17종의 농약에 대한 농약잔류허용기준을 설정하였다. 선진국의 사례와 국제식품규격위원회(CODEX) 기준 및 농산물우수관리제도(good agricultural practices) 등을 통해 체계적이고 과학적인 기준 설정을 위한 노력을 지속하여 2015년 12월 현재 총 449종의 농약성분에 대하여 농산물 중 농약의 잔류허용기준을 설정하여 관리하고 있다(6). 이러한 노력에도 불구하고 소비자의 80%가 잔류농약에 대해 불안감을 가지고 있는 것으로 나타나 식품 중 잔류농약 문제는 식품안전성 확보 및 건강학적 측면에서 중요하다(7).

본 연구는 서울 가락농수산물도매시장에 반입하는 농산물과 서울 강남지역 대형마트 등에 유통중인 농산물을 대상으로 285종 농약성분에 대한 검출농약과 잔류허용기준초과 농약의 잔류실태를 조사함으로써 농산물의 안전성 확보를 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

1. 시료 및 분석대상농약

2015년 1월부터 12월까지 서울시 가락농수산물도매시장에 경매용으로 반입된 농산물 3,300건과 서울 강남지역 대형마트 등에 유통되고 있는 농산물 3,367건 등 총 6,667건을 대상으로 농약의 잔류실태를 분석하였다.

GC 및 HPLC 동시분석이 가능한 농약성분 285종을 분석대상으로 하였으며 이들 농약은 살충제 120성분, 살균제 79성분, 제초제 71성분, 살비제 11성분, 생장조절제 3성분, 식물활성제 1성분이었다. 표 1과 2에 기기별로 분석한 농약을 나타내었다.

2. 표준품 및 시약

잔류농약 표준품은 Dr. Ehrenstofer GmbH(독일)와 Wako(일본) 제품을 사용하였다. 추출 및 정제용매인 acetone, dichloromethane, hexane은 Kanto(일본) 제품을, acetonitrile, methanol은 Burdick & Jackson(미국), NaCl은 Merck(덴마크)제품을 사용하였다. 정제카트리지는 가스크로마토그래피 분석을 위해 Florisil cartridge (Agilent technologies, 6 mL, 1 g)를, 액체크로마토그래피 분석을 위해 NH_2 cartridge(Agilent technologies, 6 mL, 1 g)를 사용하였다.

3. 실험방법 및 기기

시료의 전처리 및 분석방법은 식품공전의 식품 중 잔류농약 분석법 다종농약 다성분 분석법 제2법에 따라(8) 추출 및 정제하였으며 285종 농약성분을 GC-ECD/NPD, GC-MS, HPLC-UVD/FLD,

Table 1. List of target pesticides analyzed by GC and GC-MS

Classification	GC-NPD		GC-ECD		GC-MS
Insecticide	azinphos-ethyl	azinphos-methyl	acrinathrin	aldrin	
	bromophos-methyl	cadusafos	BHC	bifenthrin	
	carbophenothion	chlorfenapyr	chlordane	cycloprothrin	
	chlorpyrifos	chlorpyrifos-methyl	cyfluthrin	cyhalothrin	
	cyanophos	daizinon	cypermethrin	DDT	
	dichlorvos	dicrotophos	deltamethrin	dicofol	
	dimethoate	dimethylvinphos	dieldrin	endosulfan	
	EPN	ethion	endrin	fenpropathrin	
	ethoprophos	etrimfos	fenvalerate	flonicamid	
	fenitrothion	fenobucarb	fluvalinate	heptachlor	
	fenoxycarb	fenthion	heptachlor epoxide	indoxacarb	
	fipronil	flupyrazofos	methidathion	methoxychlor	
	fonofos	fosthiazate	nonachlor	permethrin	
	furathiocarb	isazofos	phenthoate	phosmet	
	isofenphos	isofenphos-methyl	pyridalyl	pyrimidifen	
	isoxathion	malathion	tefluthrin	tralomethrin	
	mecarbam	oxydemeton-methyl	triflumuron		
	parathion	parathion-methyl			
	phosalone	phosphamidone			
	pirimicarb	pirimicarb-ethyl			
	pirimicarb-methyl	profenofos			
	prothiofos	pyraclofos			
	pyridaben	quinalphos			
	sulprofos	tebupirimfos			
	terbufos	tetrachlorvinphos			
	thiometon	tolfenpyrad			
	triazophos				
Fungicide	azaconazole	bupirimate	binapacryl	captafol	pyrifenox
	cyproconazole	cyprodinil	captan	chinomethionat	
	diethofencarb	diphenylamine	chlorothalonil	cyflufenamid	
	edifenphos	fenarimol	dichlofluanid	dicloran	
	fludioxonil	flusilazole	diniconazole	fenamidone	
	iprobenfos	isoprothiolane	fenbuconazole	fenoxanil	
	kresoxim-methyl	mepanipyrim	fluazinam	flusulfamide	
	mepronil	metconazole	flutolanil	folpet	
	myclobutanil	penconazole	fthalide	hexachlorobenzene	
	pyrazophos	simeconazole	imazalil	iprodione	
	triadimefon	tricyclazole	iprovalicarb	metrafenone	
	triticonazole		nitrapyrin	nitrothal-isopropyl	
			nuarimol	ofurace	
			oxadixyl	picoxystrobin	
			prochloraz	procymidone	
			quintozene	TCMTB	
			thifluzamide	tolclofos-methyl	
			tolyfluanid	triflumizole	
			vinclozolin	zoxamide	

Table 1. (*Continued*)

Classification	GC-NPD		GC-ECD		GC-MS
Herbicide	ametryn	anilofos	asulam	bromacil	allidochlor
	atrazine	bromobutide	bromoxynil	butafenacil	cimmethylin
	dimepiperate	dimethenamid	chloridazon	chlorthal-dimethyl	cycloate
	diphenamid	esprocarb	clomeprop	cyanazine	diallate
	molinate	pendimethalin	diflufenican	dimethachlor	pebulate
	piperophos	propazine	dithiopyr	flumiclorac-pentyl	propachlor
	pyriminobac-methyl	terbuthylazine	fluthiacet-methyl	indanofan	propham
	thiazopyr	tribuphos	lactofen	mefenacet	
			mefenapyr-diethyl	picolinafen	
			propisochlor	propyzamide	
			vernolate		
Miticide	etoxazole	fenazaquin	bromopropylate	chlorobenzilate	
	fenothiocarb	tebufenpyrad	tetradifon		
Growth regulator	paclobutrazol		uniconazole		
Plant activator			probenazole		

LC-MS로 분석하였다. 분석기기는 정성분석을 위해 GC-MSD(gas chromatography-mass selective detector)는 6890 series(Agilent technologies, 미국)의 5975 mass selective detector를 사용하였고, LC-MSD(liquid chromatography-mass selective detector)는 1200 series(Agilent technologies, 미국)의 6130 quadropole mass selective detector를 사용하였다.

정량분석을 위해서 GC-ECD(gas chromatography-electron capture detector)와 GC-NPD(gas chromatography-nitrogen phosphorous detector)는 6890 및 7890(Agilent technologies, 미국)를 사용하였고, HPLC-DAD(high performance liquid chromatography-diode array detector)와 HPLC-FLD(high performance liquid chromatography-fluorescence detector)는 1200 series(Agilent technologies, 미국)를 사용하였다. 기기분석 조건은 표 3~5에 나타냈다.

결과 및 고찰

1. 잔류농약 검출현황 - 수거장소 및 원산지별

2015년 서울 가락농수산물도매시장에 반입하는 농산물 3,300건과 서울 강남지역 대형마트등에 유통중인 농산물 3,367건 등 총 6,667건에 대하여 잔류농약을 검사한 농산물별 분포현황은 표 6과 같다.

채소류가 5,967건(89.5%)으로 대부분을 차지하였고, 이 중 엽채류가 4,109건(68.9%)으로 가장 많았으며 특히 가락농수산물도매시장에 반입하는 경매 농산물 중 엽채류는 96.9%를 차지하였다. 다음으로 과채류 653건(10.9%), 엽경채류 478건(8.0%), 근채류 365건(6.1%), 결구엽채류 362건(6.1%) 순이었다.

수거장소별 검사현황을 비교해보면, 가락농수산물도매시장 반입 경매농산물 3,300건을 검사한 결과 39건이 농약 잔류허용기준을 초과하여 부적합률은 1.2%였으며 1,017건의 농산물에서 잔류농약

Table 2. List of target pesticides analyzed by HPLC and LC-MS

Classification	HPLC-UVD		HPLC-FLD		LC-MS
Insecticide	acetamiprid	chlorantraniliprole	aldicarb	bendiocarb	azamethiphos
	chlorobenzuron	chromafenozide	butocarboxim	carbaryl	XMC
	clothianidin	flubendiamide	carbofuran	ethiofencarb	
	flufenoxuron	hexaflumuron	isoprocarb	methiocarb	
	lufenuron	methoxyfenozide	methomyl	metolcarb	
	nitenpyram	novaluron	oxamyl	promecarb	
	pyriproxyfen	tebufenozide	propoxur	thiodicarb	
	teflubenzuron	thiacloprid	trimethacarb		
	thiamethoxam				
Fungicide	amisulbrom	azoxystrobin			
	boscalid	cyazofamid			
	cymoxanil	dimethomorph			
	ethaboxam	fenhexamid			
	ferimzone	fluquinconazole			
	imibenconazole	pyraclostrobin			
	pyributicarb	pyrimethanil			
	pyroquilon	tiadinil			
	trifloxystrobin				
Herbicide	azafenidin	chlorimuron-ethyl			bensulide
	chlorotoluron	cinosulfuron			fluridone
	cyhalofop-butyl	ethametsulfuron-methyl			
	flufenacet	flumioxazine			
	imazamox	imazapic			
	imazaquin	imazethapyr			
	isoproturon	metamifop			
	methabenzthiazuron	oxaziclomefone			
	pentoxazone	phenmedipham			
	pyrazolate	pyribenzoxim			
	pyridate	quinoclamine			
	rimsulfuron	thenychlor			
	tribenuron-methyl				
Miticide	benzoximate	fenpyroximate			
	fluacrypyrim	spirodiclofen			
Growth regulator	forchlorfenuron				

Table 3. Analytical conditions of GC-NPD and GC-ECD

Instrument	Agilent 6890, GC-NPD	Agilent 7890, GC-ECD
Detector	Nitrogen-phosphorus detector	μElectron capture detector
Column	DB-1701 14% cyanopropyl phenyl methyl(30 m × 0.320 mm × 0.25 μm film thickness) DB-5 5% phenyl methyl siloxane(30 m × 0.250 mm × 0.25 μm film thickness)	
Gas flow	Nitrogen(1.5 mL/min) Air(60.0 mL/min) Hydrogen(3.0 mL/min)	Nitrogen(1.5 mL/min)
Injection mode	Temp : 210℃ Vol : 1 μL (splitless)	Temp : 230℃ Vol : 1 μL(splitless)
Detector temp.	320℃	320℃
Oven temp.	100℃(2 min) → 10℃/min → 200℃(1 min) → 10℃/min → 270℃(9 min)	150℃(2 min) → 10℃/min → 240℃(2 min) → 15℃/min → 280℃(20 min)

Table 4. Analytical conditions of GC-MS

Instrument	Agilent 6890N	
Column	HP-5MS 5% phenyl methyl siloxane(30 m × 0.250 mm × 0.25 μm film thickness)	
Oven temp.	100℃(2 min) → 10℃/min → 200℃(10 min)	
Injection temp.	230℃	
Carrier gas	He(splitless, 1.0 mL/min)	
MSD parameter	Ionization method	Electron impact at 70 eV
	Ion source temp.	230℃
	Transfer line temp	280℃
	Scan range	50~550 m/z(2.91 scan/sec)

Table 5. Analytical conditions of HPLC-UVD and HPLC-FLD

Specification	HPLC-UVD			HPLC-FLD		
Detector	Diode array and multi wavelength detector			Scanning fluorescence detector		
Column	Zorbax Eclipse XDB-C18 (4.6 × 150 mm, 5.0 μm)			Waters carbamate analysis column (3.0 × 150 mm)		
Wavelength	254 nm, scan : 190~400 nm			Ex λ: 340 nm, Em λ : 445 nm		
Flow rate	1.0 mL/min			1.3 mL/min		
Injection vol.	10 μL			20 μL		
Mobile phase	Time(min)	Water(%)	Methanol(%)	Time(min)	A[1](%)	B[2](%)
	0	70	30	0	80	20
	5	50	50	5	20	80
	10	20	80	8	0	100
	15	5	95	9	80	20
	20	0	100	10	80	20
	23	50	50			
	25	70	30			

1) Methanol-water(12:88, v/v), 2) Methanol-acetonitrile-water(35:35:30, v/v/v).

이 검출되어 30.8%의 검출률을 나타냈다. 반면 서울 강남지역 대형마트 등 유통 농산물 3,367건을 검사한 결과는 부적합 36건(부적합률 1.1%)과 검출 433건(검출률 12.9%)으로 부적합률은 비슷하였으나 검출률에서 상당한 차이를 나타냈다. 이는 경매 농산물 중 부적합률이 높은 엽채류가 수거검사량의 96.9%에 해당하기 때문이다.

원산지별 검사현황을 살펴보면 국내산 농산물 6,508건의 검사결과 부적합은 75건으로 1.2%의 부적합률을 나타냈고, 잔류농약 검출건수는 1,412건으로 검출률이 21.7%였다. 반면 수입산 농산물 159건의 검사결과는 모두 적합이었으나 38건의 농산물에서 잔류농약이 검출되어 검출률이 23.9%로 높은 편이었고 마늘쫑 2건을 제외한 36건이 과일류였다. 수입농산물 38건에 대한 검출현황은 표 7과 같다. 총 검출횟수는 54회로 플루디옥소닐이 17회(레몬10, 체리3, 포도3, 자몽1)로 가장 많이 검출되었고, 피리메타닐 6회(포도5, 자몽1) 그리고 보스칼리드(포도4), 사이프로디닐(포도4), 아족시스트로빈(레몬2, 망고1, 포도1), 클로르피리포스(바나나2, 레몬1, 오렌지1)가 각각 4회씩 검출되었다. 이는 김 등(9)의 수입농산물 잔류농약 검출현황과 비교해볼 때 검출농약성분과 차이가 있었다.

2. 잔류농약 검출현황 - 농산물분류별

서울 강남지역 유통 농산물 6,667건에 대하여 동시분석이 가능한 285종에 대한 잔류농약 실태를 조사한 결과는 표 8과 같다. 잔류허용기준을 초과한 부적합 농산물은 75건으로 부적합률은 1.1%였고 1,450건의 농산물에서 잔류농약이 검출되어 검출률은 21.7%였다. 김 등(10)의 2013년 서울 북부지역 유통농산물의 잔류농약 모니터링 결과에 따르면 강북지역 유통 농산물 2,877건 중 농약 잔류허용기준을 초과한 부적합 농산물은 0.5%, 잔류허용기준 이하로 검출된 농산물은 13.4%로 강북지역의 검출률과 부적합률이 매년 감소하며 이는 지속적인 모니터링 감시효과와 더불어 재배

Table 6. Number of agricultural commodities collected for the analysis of pesticides in 2015

Type(No. of sample)	Group(No. of sample)
Total	6,667(domestic 6,508, imported 159)
Vegetable(5,967)	Leaf vegetable(4,109)
	Fruiting vegetable(653)
	Stalk and stem vegetable(478)
	Root and tuber vegetable(365)
	Flowerhead brassica(362)
Fruit(387)	Assorted tropical and sub-tropical fruit(91)
	Berry and other small fruit(83)
	Pome fruit(78)
	Citrus fruit(72)
	Stone fruit(63)
Mushroom(104)	
Potato(89)	
Cereal grain(70)	
Tea leaf(17)	
Bean(13)	
Nut and seed(4)	Peanut or nut(4)
Other plant(16)	

농가의 친환경 농사의 비중확대에 따른 결과에 기인한다고 보고하고 있다. 이는 2015년 서울 강남지역 유통 농산물의 잔류농약 검출률과 부적합률에서 상당한 차이를 보이고 있다.

표 8에서 보는 바와 같이 농산물 분류에 따른 잔류농약 분포를 살펴보면 채소류는 전체 6,667건 중 1,358건(20.4%)에서 잔류농약이 검출되었으며 과일류는 89건(검출률 1.3%) 검출되었다. 그 외 향신료 1건, 곡류 2건을 제외하고는 검출되지 않았다. 채소류 중에서 형태에 따른 검출률을 살펴보면 엽채류 29.4%(1,207건), 과채류 13.6%(89건), 엽경채류 11.5%(55건) 순으로 검출률이 높았으며 근채류와 결구엽채류는 상대적으로 검출률이 매우 낮았다. 채소류 중에서는 들깻잎 59.1%, 참나물 55.7%, 근대 36.2%, 셀러리 36.1% 순으로 검출률이 높았다. 일반적으로 엽채류는 다른 채소류에 비해 중량당 단위표면적이 커서 농약의 부착이 용이하고, 시설재배로 인해 강우에 의한 소실, 햇빛에 의한 광분해 및 바람에 의한 휘산 등의 잔류농약 감소 작용이 상대적으로 적어 잔류농약 검출률이 높다고 판단된다(11). 과일류 중에서는 레몬 11건에서 모두 검출되었고 블루베리 50.0%, 체리 50.0%, 오렌지 40.0% 순으로 검출률이 높았으며 향신료 중 고수 1건에서 다이아지논이 잔류허용기준을 초과하여 부적합하였다.

또 농약이 검출된 농산물 1,450건 중 510건(35.2%)의 시료에서 2종 이상의 농약이 동시에 검출된 것을 확인할 수 있었다. 2종의 농약이 동시에 검출된 경우는 352건(24.3%), 3종 농약 동시검출은 112건(7.7%), 4종 농약 동시검출은 38건(2.6%)이었고 들깻잎 6건과 치커리 1건에서는 5종의 농약이 동시에 검출되었으며, 들깻잎 1건에서는 잔류허용기준을 초과하지는 않았지만 디에토펜카브, 테부펜피라드, 페나자퀸, 사이퍼메트린, 아족시스트로빈, 펜피록시메이트 등 6종의 농약이 동시에 검출되었다. 개별 농약의 잔류허용기준을 초과하지 않으면 적합이지만, 김 등(10)은 잔류농약 기준 적용시 개별 농약의 잔류허용기준 적용뿐만 아니라 검출농약의 수와 총량에 따른 기준적용도 검토할 것을 제시하고 있다.

또한 농산물 잔류허용기준 이상으로 검출된 부적합 농산물은 들깻잎 10건, 상추 9건, 시금치 9건, 근대 5건, 치커리 4건 그리고 쑥갓 4건 순으로 많았으며 그 외 채소류에서 30건, 과일류에서 3건, 고수 1건에서 검출되어 총 75건이었다.

3. 잔류농약 검출현황 - 농약성분별

2015년 서울 강남지역 유통 농산물 6,667건에 대한 잔류농약 모니터링 결과 285종 검사 대상 농약 중 정량한계 이상으로 검출된 농약은 표 9에서

Table 7. Distribution of imported agricultural commodities detected pesticide residues

Country	No. of sample	Commodity(No. of sample)	Pesticide residue(No. of detected)
USA[1)]	10	Lemon(6), Cherry(2), Berry, Orange	Fludioxonil(7), Fenpropathrin(3), Azoxystrobin(2), Carbaryl, Chlorpyrifos(2)
Chile	7	Grape(5), Kiwi(2)	Boscalid(4), Cyprodinil(3), Iprodione(3), Fludioxonil(2), Pyrimethanil(2)
Philippines	6	Banana(3), Mango(2), Pineapple	Azoxystrobin(2), Chlorpyrifos(2), Endosulfan, Triflumizole
RSA[2)]	3	Grapefriut(3)	Imazalil(2), Fludioxonil, Pyrimethanil
China	2	Green garlic(2)	Procymidone(2)
Others	10	Lemon(4), Grape(4), Cherry(2)	Fludioxonil(7), Pyrimethanil(3), Cyhalothrin, Cyprodinil, Trifloxystrobin
Total	38		54

1) United States of America 2) Republic of South Africa

Table 8. Pesticide residues detected below and over MRL in agricultural products

Type	Group	Commodity	No. of samples	No. of sample violated(%)	No. of sample detected(%)
Vegetable	Leaf vegetable	Peilla leaf	1,281	10 (0.8)	757 (59.1)
		Lettuce	1,118	9 (0.8)	147 (13.1)
		Spinach	244	9 (3.7)	61 (25.0)
		Chicory	172	4 (2.3)	21 (12.2)
		Radish leaf	154	3 (1.9)	16 (10.4)
		Marsh mallow	154	3 (1.9)	11 (7.1)
		Crown daisy	123	4 (3.3)	11 (8.9)
		Chinese vegetable	123	2 (1.6)	21 (17.1)
		Chard	116	5 (4.3)	42 (36.2)
		Lettuce head	113	0 (0.0)	5 (4.4)
		Chamnamul	79	2 (2.5)	44 (55.7)
		Others	432	16 (3.7)	71 (16.4)
		Subtotal	4,109	67 (1.6)	1,207 (29.4)
	Fruiting vegetable	pepper	211	0 (0.0)	55 (26.0)
		Cucumber	146	0 (0.0)	12 (8.2)
		Squash	109	0 (0.0)	5 (4.6)
		Sweet pepper	56	0 (0.0)	3 (5.4)
		Others	131	0 (0.0)	14 (10.7)
		Subtotal	653	0 (0.0)	89 (13.6)
	Stalk and stem vegetable	Welsh onion	116	0 (0.0)	11 (9.5)
		water dropwort	105	1 (1.0)	2 (1.9)
		Leek	40	1 (2.5)	11 (27.5)
		Green garlic	38	0 (0.0)	2 (5.3)
		Celery	36	1 (2.8)	13 (36.1)
		Others	143	1 (0.7)	16 (11.2)
		Subtotal	478	4 (0.8)	55 (11.5)
	Root and tuber vegetable	Onion	79	0 (0.0)	0 (0.0)
		Radish(root)	60	0 (0.0)	1 (1.7)
		Carrot	57	0 (0.0)	2 (3.5)
		Garlic	49	0 (0.0)	1 (2.0)
		Burdock	34	0 (0.0)	0 (0.0)
		Others	86	0 (0.0)	0 (0.0)
		Subtotal	365	0 (0.0)	4 (1.1)
	Flowerhead brassica	Broccoli	124	0 (0.0)	1 (0.8)
		Korean cabbage	120	0 (0.0)	2 (1.7)
		Head cabbage	90	0 (0.0)	0 (0.0)
		Others	28	0 (0.0)	0 (0.0)
		Subtotal	362	0 (0.0)	3 (0.8)
	Subtotal		5,967	71 (1.2)	1,358 (22.8)

Table 8. (*Continued*)

Type	Group	Commodity	No. of samples	No. of sample violated(%)	No. of sample detected(%)
Fruit	Assorted tropical and sub-tropical fruit	Banana	34	0 (0.0)	3 (8.8)
		Kiwi	21	0 (0.0)	4 (19.0)
		Mango	9	0 (0.0)	2 (22.2)
		Pineapple	9	0 (0.0)	1 (11.1)
		Others	18	0 (0.0)	0 (0.0)
		Subtotal	91	0 (0.0)	10 (11.0)
	Berry and other small fruit	Grape	55	0 (0.0)	12 (21.8)
		Strawberry	21	0 (0.0)	6 (28.6)
		Berry	6	0 (0.0)	3 (50.0)
		Chinese matrimony vine	1	1 (100.0)	1 (100.0)
		Subtotal	83	1 (1.2)	22 (26.5)
	Pome fruit	Apple	40	0 (0.0)	3 (7.5)
		Persimmon	23	0 (0.0)	0 (0.0)
		Pear	13	0 (0.0)	1 (7.7)
		Quince	2	0 (0.0)	0 (0.0)
		Subtotal	78	0 (0.0)	4 (5.1)
	Citrus fruit	Mandarin	34	2 (5.9)	16 (47.0)
		Grapefruit	13	0 (0.0)	4 (30.8)
		Lemon	11	0 (0.0)	11 (100.0)
		Orange	10	0 (0.0)	4 (40.0)
		Lime	4	0 (0.0)	0 (0.0)
		Subtotal	72	2 (2.8)	35 (48.6)
	Stone fruit	Peach	27	0 (0.0)	9 (33.3)
		Plum	15	0 (0.0)	2 (13.3)
		Cherry	10	0 (0.0)	5 (50.0)
		Others	11	0 (0.0)	2 (18.2)
		Subtotal	63	0 (0.0)	18 (28.6)
	Subtotal		387	3 (0.8)	89 (23.0)
Mushroom		King oyster mushroom	36	0 (0.0)	0 (0.0)
		Winter mushroom	33	0 (0.0)	0 (0.0)
		Oyster mushroom	12	0 (0.0)	0 (0.0)
		Others	23	0 (0.0)	0 (0.0)
	Subtotal		104	0 (0.0)	0 (0.0)
Potato		Potato	48	0 (0.0)	0 (0.0)
		Sweet potato	36	0 (0.0)	0 (0.0)
		Others	14	0 (0.0)	0 (0.0)
	Subtotal		89	0 (0.0)	0 (0.0)
Cereal grain		Rice	46	0 (0.0)	2 (4.3)
		Barley	15	0 (0.0)	0 (0.0)
		Others	9	0 (0.0)	0 (0.0)
	Subtotal		70	0 (0.0)	2 (2.9)
Tea leaf			17	0 (0.0)	0 (0.0)
Bean			13	0 (0.0)	0 (0.0)
Nut and seed	peanut or nut	Chestnut	4	0 (0.0)	0 (0.0)
Herb and spice		Coriander	1	1 (100.0)	1 (100.0)
Other plant			15	0 (0.0)	0 (0.0)
	Total		6,667	75 (1.1)	1,450 (21.7)

Table 9. Detection Frequencies and detection ranges of pesticide residues found in agricultural commodities

Classification by biological action	Pesticide	Frequency of detection		Detection range (mg/kg)	MRLs (mg/kg)
		≤ MRL[1)]	> MRL[2)]		
Insecticide	Acetamiprid	-	1	0.813	0.2
	Acrinathrin	-	1	0.425	0.1
	Bifenthrin	36	-	0.010~0.558	0.05~10.0
	Cadusafos	4	-	0.022~0.040	0.05
	Carbaryl	2	-	0.041~0.290	1.0
	Carbofuran	3	2	0.027~2.860	0.05~1.0
	Chlorantranilipore	36	1	0.083~1.492	0.05~10.0
	Chlorfenapyr	50	2	0.038~0.994	0.2~10.0
	Chlorpyrifos	39	6	0.005~0.844	0.01~1.0
	Chlorpyrifos-methyl	1	-	0.059	0.2
	Cyhalothrin	7	-	0.029~1.335	0.5~5.0
	Cypermethrin	248	-	0.020~2.290	0.05~7.0
	Diazinon	23	10	0.004~0.843	0.02~0.2
	Dichlorvos	1	-	0.858	2.0
	Endosulfan	4	-	0.017~0.048	0.1
	Ethoprofos	5	2	0.006~0.130	0.02
	Fenitrothion	9	3	0.015~1.509	0.005~2.0
	Fenobucarb	1	-	0.063	0.5
	Fenpropathrin	7	1	0.019~0.534	0.2~5.0
	Fenvalerate	8	1	0.039~0.725	0.5~2.0
	Flonicamid	4	-	0.029~0.070	2.0
	Flubendiamide	90	4	0.156~8.571	0.7~15.0
	Flufenoxuron	46	5	0.104~6.389	0.5~2.0
	Fosthiazate	-	1	0.263	0.05
	Indoxacarb	19	1	0.094~13.386	3.0~20.0
	Lufenuron	31	1	0.091~2.598	0.2~10.0
	Methidathion	1	-	0.031	0.2
	Methoxyfenozide	1	-	2.172	30.0
	Novaluron	1	-	0.099	1.0
	Phenthoate	8	2	0.0~0.534	0.03~1.0
	Pyridaben	6	-	0.041~0.346	0.05~5.0
	Pyridalyl	2	9	0.017~4.897	0.05
	Tebufenozide	6	1	0.045~2.992	0.3~1.0
	Tefluthrin	5	-	0.013~0.038	0.05~0.2
	Thiacloprid	1	-	0.434	20.0
	Subtotal	705	54		

Table 9. (*Continued*)

Classification by biological action	Pesticide	Frequency of detection		Detection range (mg/kg)	MRLs (mg/kg)
		≤ MRL[1]	> MRL[2]		
Fungicide	Amisulbrom	20	-	0.216~5.965	1.0~10.0
	Azoxystrobin	204	-	0.039~12.581	1.0~50.0
	Boscalid	19	2	0.039~10.961	0.3~30.0
	Chinomethionat	1	1	0.036~4.175	0.05
	Chlorothalonil	32	2	0.026~7.356	2.0~20.0
	Cyazofamid	9	-	0.281~1.075	0.5~10.0
	Cymoxanil	1	-	0.428	0.5
	Cypronil	7	-	0.028~0.077	1.0~5.0
	Diethofencarb	168	2	0.026~7.356	0.05~30.0
	Dimethomorph	45	3	0.197~8.469	2.0~3.0
	Diniconazole	55	5	0.015~1.587	0.05~0.3
	Fenamidone	2	-	0.019~0.102	5.0
	Fludioxonil	83	1	0.025~15.393	0.05~40.0
	Fluquinconazole	1	-	2.023	20.0
	Flutolanil	22	1	0.035~2.315	0.7~10.0
	Imazalil	5	-	0.092~0.410	5.0
	Iprodione	12	1	0.080~1.982	0.1~10.0
	Isoprothiolane	10	-	0.010~0.276	0.05~2.0
	Kresoxim-methyl	8	-	0.021~0.898	0.1~20.0
	Metrafenone	1	-	0.058	0.5
	Myclobutanil	8	-	0.035~0.319	2.0~20.0
	Prochloraz	1	-	0.174	1.0
	Procymidone	180	5	0.010~11.162	0.01~15.0
	Pyraclostrobin	32	-	0.091~3.722	0.5~10.0
	Pyrimethanil	24	-	0.055~6.746	2.0~3.0
	Thifluzamide	3	-	0.029~0.039	0.05
	Tiadinil	1	-	0.459	1.0
	Trifloxystrobin	14	-	0.021~0.432	0.2~2.0
	Triflumizole	2	1	0.069~3.295	0.1~2.0
	Subtotal	970	24		
Herbicide	Pendimethalin	5	-	0.024~0.144	0.2
Miticide	Etoxazole	5	3	0.042~1.403	0.1~1.0
	Fenazaquin	28	-	0.050~2.873	3.0
	Fenpyroximate	75	-	0.068~4.693	7.0
	Spirodiclofen	1	1	0.400~3.302	0.5
	Tebufenpyrad	281	-	0.015~2.353	0.5~5.0
	Subtotal	390	4		
Growth regulator	Paclobutrazol	23	-	0.025~2.180	5.0
	Uniconazole	1	3	0.151~0.397	Not detected (0.05)
	Subtotal	24	3		
	Total	2,094	85		

1) Maximum residue limit or less than maximum residue limit.
2) Exceeded maximum residue limit.

보는 바와 같이 아세타미프리드 등 72종의 농약이 총 2,179회 검출되었다. 농약별로 살펴보면 살충제 35종이 759회(34.8%), 살균제 29종이 994회(45.6%), 살비제 5종이 394회(18.1%), 생장조절제 2종이 27회(1.2%) 그리고 제초제 1종이 5회(0.2%) 검출되어 횟수로는 살균제가 가장 많이 검출되는 것으로 파악되었다. 그러나 김 등(10)은 2013년 서울북부지역 유통 농산물을 모니터링한 결과 살충제와 살균제의 비율은 유사하였고, 전혀 검출되지 않았던 에톡사졸 등 5종의 살비제가 394회나 검출되었다고 보고하였다. 또한 2011년도 작물보호협회에서 보고한(12) 국내에서 출하된 농약 성분량 조사에서는 살충제 34.7%, 살균제 28.0%, 제초제 27.1% 및 기타 10.2%로 살충제가 가장 많이 국내에서 생산된 것으로 보고되었다. 김 등(10)은 실제 작물재배에 살충제가 살균제보다 많이 사용되기는 하지만 농작물 잔류성이 살균제가 높아 잔류농약 모니터링 검사에서 가장 빈번하게 검출되는 것으로 판단하였다.

개별 농약 중에서 가장 빈번하게 검출된 농약은 테부펜피라드 281회(0.015~2.353 mg/kg), 사이퍼메트린 248회(0.020~2.290 mg/kg), 아족시스트로빈 204회(0.039~12.581 mg/kg), 프로사이미돈 185회(0.010~11.162 mg/kg) 그리고 디에토펜카브 170회(0.026~7.356 mg/kg) 순이었다. 반면 잔류허용기준을 초과한 농약성분은 살충제 19종, 살균제 11종, 살비제 2종 및 생장조절제 1종으로 총 33종 85회 검출되었다. 그 중 다이아지논이 10회로 가장 높았으며 피리달릴 9회, 클로르피리포스 6회 그리고 플루페녹수론, 디니코나졸, 프로사이미돈이 각각 5회로 검출되었다. 농작물에서 부적합 검출 농약들의 기준적용을 살펴보면 해당 작물에 검출농약의 기준이 설정되어 있는 경우는 14건 17회였으며, 검출 농약의 기준이 설정되어 있지 않아 해당 작물 유사분류의 최저기준을 적용한 경우가 60건 68회였다.

결 론

2015년 서울 강남지역 유통 농산물 6,667건을 대상으로 285종의 동시분석 농약에 대한 잔류실태를 조사하였다. 농약이 검출된 농산물은 1,450건(21.7%)이었고 잔류허용기준 이상으로 검출된 농산물은 75건(1.1%)이었다. 검출률은 채소류 중에서는 들깻잎 59.1%, 참나물 55.7%, 근대 36.2%, 셀러리 36.1% 순으로 검출률이 높았고, 2종 이상의 농약이 동시에 검출된 농산물은 510건으로 35.2%에 달했다. 농산물 잔류허용기준 이상으로 검출된 부적합 농산물은 들깻잎 10건, 상추 9건, 시금치 9건, 근대 5건, 치커리 4건 그리고 쑥갓 4건 순으로 많았다. 전체 72종의 검출농약 중 테부펜피라드, 사이퍼메트린, 아족시스트로빈, 프로사이미돈, 디에토펜카브 순으로 검출빈도가 높았고 부적합 농산물 중에서는 다이아지논, 피리달릴, 클로르피리포스, 플루페녹수론, 디니코나졸, 프로사이미돈, 플루벤디아마이드 순이었다.

참고문헌

1. 임무혁 : 대한민국의 잔류농약 연구 동향. 식품기술, 20(4):50~62, 2007.
2. 농업진흥청 : 농약관리시스템. Available from : http://www.epmso.rda.go.kr Accessed Dec. 31. 2015.
3. 통계청 : e-나라지표 Available from : http://www.index.go.kr Accessed Dec. 31. 2015.
4. 김욱희, 박성규, 하광태, 최영희, 승현정, 김시정, 이경아, 장정임, 조한빈, 최병현, 김민영 : 국내 산지별 채소류의 잔류농약 실태 및 안전성 평가. 서울특별시보건환경연구원보, 45:44~65, 2009.
5. 도정아, 이희정, 신용운, 최원조, 채갑용, 강찬순, 김우성 : 국내 유통 농산물 중 잔류농약 모니터링. 한국식품영양과학회지, 39(6):902~908, 2010.
6. Kim, HY, Yoon, SH, Park, HJ, Lee, JH Gwak, IS, Moon, HS, Song, MH, Lee, YM, Park, JS and Lee, KH : Monitoring of residue pesticides in commercial

agricultural products in Korea. Korean J. Food Sci. Technol., 39(3):237~245, 2007.
7. Woo, HD, Lee, JK and Han, GD : Consumer awareness survey on safety management of pesticide residues. Food Science and Industry, 43(2):24~40, 2010.
8. 식품의약품안전처 : 식품공전 일반시험법. 4.1. 2.2 다종농약다성분분석법-제2법. 9-4-10-9-4-19, 2013.
9. 김태랑, 육동현, 장미라, 홍채규, 황광호, 조성애, 이은순, 최채만, 김은희, 한성희, 최은정, 김정헌, 박석기 : 서울 강남지역 유통 농산물의 농약 잔류특성(2009). 서울특별시보건환경연구원보, 45:21~33, 2009.
10. 김남훈, 이정숙, 김욱희, 최영희, 한성희, 김윤희, 김희선, 이새람, 이정미, 유인실, 정권 : 2013년 서울북부지역 유통농산물의 잔류농약 모니터링 및 위해성 평가. 한국식품위생안전성학회지, 29(3):170~180, 2014.
11. 장미라, 문현경, 김태랑, 육동현, 김은희, 홍채규, 최채만, 황인숙, 김정헌, 김무상 : 서울지역 유통 채소류의 잔류농약 조사. 농약과학회지, 15(2):114~124, 2011.
12. 한국작물보호협회 : Available from : http://www.koreacpa.org/new/main.html. Accessed May. 15. 2014.