

## 서울 강남지역 유통농산물의 잔류농약 실태 조사 및 위해성 평가(2017)

농산물 검사팀

곽재은 · 이명숙 · 김태랑 · 윤용태 · 최부철 · 정희정  
김나영 · 김유나 · 박보람 · 김지혜 · 신기영 · 김무상

### **Pesticide Residue Monitoring and Risk Assessment of Agricultural Products Collected from the Southern Seoul in 2017**

*Agricultural Products Inspection Team*

**Jae-eun Kwak, Myung-sook Lee, Tae-rang Kim, Yong-tae Yoon,  
Bu-cheol Choi, Hee-jeong Jeong, Na-young Kim, Yu-na Kim,  
Bo-ram Kwak, Ji-hye Kim, Ki-young Shin and Moo-sang Kim**

#### **Abstract**

In this study, the current status of pesticide residues in 4,536 commercial agricultural products collected from the southern part of Seoul was monitored in 2017 and their safety was assessed. The multi-residue method, GC-ECD/NPD, and HPLC-DAD/FLD were used to determine the presence and concentrations of 265 pesticides. Pesticide residues were detected in 1,034 samples(22.8%), and the maximum residue limit(MRL) was exceeded in 20 samples(0.4%). Residue levels were found to be the highest in lettuce(3 cases), Perilla leaves(2 cases), Chard(2 cases), Chicory(2 cases), and Brassica leafy vegetables(2 cases). The pesticides for which the MRLs were exceeded were diazinon(4 cases), diniconazole(3 cases), pencycuron(3 cases), carbofuran(2 cases), fluquinconazole(2 cases), and iprodione(2 cases). The results confirmed that the health risks caused by eating vegetables with exceeded MRLs in terms of pesticides are low, and that the population is generally safe, because the risk indexes ranged between 0.0545 and 15.4545%.

**Key words** : pesticide residue, agricultural product, maximum residue limit(MRL)

## 서 론

농업에 있어 농약은 농산물의 생산성 증진과 농작물 재배의 편리성 등으로 인해 없어서는 안 될 중요한 약제로 사용되고 있다(1). 우리나라 농약 관리법에서 농약은 '농작물을 해치는 균, 곤충, 응애, 선충, 바이러스, 잡초, 그밖에 농림축산식품부령으로 정하는 동식물을 방제하는 데에 사용하는 살균제, 살충제, 제초제와 농작물의 생리기능을 증진하거나 억제하는 데에 사용하는 약제, 그 밖에 농림축산식품부령으로 정하는 약제를 말한다'라고 정의하고 있다(2). 농촌진흥청에 등록된 2017년 농약 품목현황은 살균제 625건, 살충제 548건, 합제 93건, 제초제 585건, 생장조절제 등 66건으로 총 1,917건이다(3).

국민의 건강의식 향상으로 친환경농업과 친환경농산물 수요가 급증하여 유기농, 친환경농산물의 재배가 증가하고 있지만 채소류 재배에 농약의 사용을 완전히 배제할 수 없는 실정이다(4). 이러한 농약은 대부분이 유기화합물질로서 농약이 농산물에 잔류하고 이를 계속적으로 섭취할 경우 체내에 축적되어 만성 독성을 유발할 수 있으며, 특히 농약이 잔류기준을 초과하여 잔존하는 농산물을 매일 섭취하는 경우 인체에 위해를 끼칠 수 있으므로 농산물에 잔존하는 농약에 대한 철저한 사후관리와 감시체계가 반드시 필요하다(5).

우리나라에서는 국내에서 유통되고 있는 농산물의 안전성 관리를 위해 식품의약품안전처, 농촌진흥청 및 시·도 보건환경연구원에서 국가차원의 잔류농약 모니터링 사업을 지속적으로 실시해 오고 있다. 1968년부터 식품 중 잔류농약 모니터링을 시작하였으며(6), 1990년도에 미국에서 이루어지고 있는 농약의 법적규제와 안전성 평가에 이용되고 있는 방법들이 우리나라에 소개됨으로써 외에도 평가가 본격적으로 시작되었다(7). 국가마다 자국의 농업보호와 식품안전성 확보를 위하여 관리대상 유해물질의 종류를 확대하고 규제기준을 강화하고 있다. 미국은 자국에 허용기준이 설정되어 있지 않은 농약에 대해서 불검출을 원칙으로 하는 영허용체제(Zero Tolerance System)을 시행하고 있고, 일본과 유럽연합의 경우는 자국의

기준이 설정되지 않은 농약이 0.01 mg/kg 이상 잔류하는 농산물은 판매를 금지하는 PLS (Positive List System) 등을 도입하는 등 농산물안전성 관련 국내외적 여건이 급속도로 변화되고 있다(8). 우리나라에서도 잔류농약의 효율적 안전관리를 위해 2016년 12월 31일부터 농약 허용물질목록 관리제도를 도입하여 견과종실류와 열대과일류를 대상으로 우선 적용하고 있고, 2018년 12월 31일부터 모든 농산물에 대하여 확대해서 적용할 예정이다(9).

따라서, 본 연구는 2017년 서울 가락농수산물도매시장과 강남지역 대형 유통매장에 반입된 농산물을 대상으로 265종 농약성분에 대한 검출농약과 잔류허용기준초과 농약의 실태를 조사하고 검출농약에 대한 위해성 평가를 통해 잔류농약의 안전성 평가를 위한 기초 자료로 활용하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험재료 및 분석농약

2017년 1월부터 2017년 12월까지 서울 가락농수산물도매시장과 강남지역 대형유통매장에 반입된 농산물 4,536건을 대상으로 265종 잔류농약을 분석하였다(표 1).

### 2. 표준품 및 시약

잔류농약 표준품은 Dr. Ehrenstorfer GmbH (Augsburg, Germany)와 Wako(Tokyo, Japan) 제품을 사용하였다. 추출 및 정제용매인 acetone, dichloromethane, n-hexane은 Kanto Chemical 사(Tokyo, Japan) 제품을, acetonitrile, methanol은 Burdick & Jackson(USA), NaCl은 Merck (Darmstadt, Germany) 제품을 사용하였다. 정제용 고체상 추출 카트리지(SPE, solid phase extraction)는 Agilent Technology(Santa Clara, USA)사의 Florisil cartridge(1,000 mg, 6 mL), NH<sub>2</sub> cartridge(1,000 mg, 6 mL)를 사용하였다.

### 3. 분석방법 및 기기

시료의 전처리 및 분석은 식품공전의 식품 중

**Table 1. List of target pesticides monitored in the survey**

Classification	Pesticide
Insecticide (114)	Acetamiprid, Acrinathrin, Aldicarb, Aldrin, Dieldrin, Azinphos-ethyl, Azinphos-methyl, Bendiocarb, BHC, Bifenthrin, Bromophos-methyl, Butocarboxim, Cadusafos, Carbaryl, Carbofuran, Carbophenothion, Chlorantraniliprole, Chlordane, Chlorfenapyr, Chlorobenzuron, Chlorpyrifos, Chlorpyrifos-methyl, Chromafenozide, Clothianidin, Cyanophos, Cyfluthrin, Cyhalothrin, Cypermethrin, DDT, Deltamethrin, Diazinon, Dichlorvos, Dicofol, Dimethoate, Dimethylvinphos, Endosulfan, Endrin, EPN, Ethiofencarb, Ethion, Ethoprophos, Etrimfos, Fenitrothion, Fenobucarb, Fenoxycarb, Fenpropathrin, Fenthion, Fenvalerate, Fipronil, Flonicamid, Flubendiamide, Flufenoxuron, Flupyrzafos, Fluvalinate, Fonofos, Fosthiazate, Furathiocarb, Heptachlor, Hexaflumuron, Indoxacarb, Isofenphos, Isofenphos-methyl, Isoprocarb, Isoxathion, Lufenuron, Malathion, Mecarbam, Methidathion, Methiocarb, Methomyl, Methoxychlor, Methoxyfenozide, Metolcarb, Nitenpyram, Nonachlor, Novaluron, Oxamyl, Oxydemeton-methyl, Parathion, Parathion-methyl, Permethrin, Phenthoate, Phosalone, Phosmet, Phosphamidone, Pirimicarb, Pirimiphos-ethyl, Pirimiphos-methyl, Profenofos, Promecarb, Propoxur, Prothiofos, Pyraclofos, Pyridaben, Pyridalyl, Pyrimidifen, Pyriproxyfen, Quinalphos, Sulprofos, Tebufenozide, Tebupirimfos, Teflubenzuron, Tefluthrin, Terbufos, Tetrachlorvinphos, Thiachlopid, Thiamethoxam, Thiodicarb, Thiometon, Tolfenpyrad, Tralomethrin, Triazophos, Triflumuron, 2,3,5-Trimethacarb, 3,4,5-Trimethacarb
Fungicide (78)	Azaconazole, Amisulbrom, Azoxystrobin, Binapacryl, Boscalid, Bupirimate, Captafol, Captan, Chinomethionat, Chlorothalonil, Cyazofamid, Cyflufenamid, Cymoxanil, Cyproconazole, Cyprodinil, Dichlofluanid, Dicloran, Diethofencarb, Dimethomorph, Diniconazole, Diphenylamine, Edifenphos, Ethaboxam, Fenamidone, Fenarimol, Fenbuconazole, Fenhexamid, Fenoxanil, Ferimzone, Fludioxonil, Fluquinconazole, Flusilazole, Flusulfamide, Flutolanil, Folpet, Fthalide, Hexachlorobenzene, Imazalil, Imibenconazole, Iprobenfos, Iprodione, Iprovalicarb, Isoprothiolane, Kresoxim-methyl, Mepanipyrim, Mepronil, Metconazole, Metrafenone, Myclobutanil, Nitrapyrin, Nitrothal-isopropyl, Nuarimol, Ofurace, Oxadixyl, Penconazole, Pencycuron, Picoxystrobin, Prochloraz, Procymidone, Pyraclostrobin, Pyrazophos, Pyributicarb, Pyrimethanil, Pyroquilon, Quintozene, Simeconazole, TCMTB, Tebuconazole, Thifluzamide, Tiadinil, Tolclofos-methyl, Tolyfluanid, Triadimefon, Tricyclazole, Trifloxystrobin, Triflumizole, Vinclozoline, Zoxamide
Herbicide (57)	Ametryn, Anilofos, Atrazine, Azafenidin, Bromacil, Bromobutide, Bromoxynil, Butafenacil, Chloridazon, Chlorimuron-ethyl, Chlorotoluron, Chlorthal-dimethyl, Cinosulfuron, Clomeprop, Cyanazine, Diflufenican, Dimepiperate, Dimethachlor, Dimethenamid, Diphenamid, Dithiopyr, Esprocarb, Ethametsulfuron-methyl, Flufenacet, Flumiclorac-pentyl, Fluthiacet-methyl, Imazamox, Imazapic, Imazaquin, Imazethapyr, Indanofan, Isoproturon, Lactofen, Mefenacet, Mefenpyr-diethyl, Metamifop, Methabenzthiazuron, Molinate, Oxaziclomefon, Pendimethalin, Phenmedipham, Picolinafen, Piperophos, Propazine, Propisochlor, Propyzamide, Pyrazolate, Pyribenzoxim, Pyridate, Pyriminobac-methyl, Quinoclamine, Rimsulfuron, Terbutylazine, Thenylchlor, Thiazopyr, Tribenuron-methy, Vernolate
Miticide (11)	Benzoximate, Bromopropylate, Chlorobenzilate, Etoxazole, Fenazaquin, Fenothiocarb, Fenpyroximate, Fluacrypyrim, Spirodiclofen, Tebufenpyrad, Tetradifon
Growth regulator (4)	Forchlorfenuron, Paclobutrazol, Tribufos, Uniconazole
Plant activator (1)	Probenazole

잔류농약 분석법의 다중농약다성분 분석법 제2법 (10)에 따라 추출 및 정제하였으며, 265종 농약성분을 GC-ECD, GC-NPD, GC-MSD, HPLC-UVD, HPLC-FLD, LC-MSD로 분석하였다. 정성분석을 위해 GC-MSD(gas chromatograph mass selective detector) 6890 series(Agilent technologies, 미국)의 5975 mass selective detector를 사용하였고, LC-MSD(liquid chromatograph-mass selective detector) 1200 series(Agilent technologies, 미국)의 6130 quadropole mass selective detector를 사용하였다.

정량분석을 위해 GC-ECD(gas chromatograph-electron capture detector)와 GC-NPD(gas chromatograph-nitrogen phosphorous detector)

6890 및 7890(Agilent technologies, 미국)을 사용하였고, HPLC-DAD(high performance liquid chromatograph-diode array detector)와 HPLC-FLD(high performance liquid chromatograph-fluorescence detector)는 각각 1200 series(Agilent technologies, 미국)와 Waters e2695(미국)를 사용하였다. 기기분석에 사용된 조건은 표 2~5에 나타냈다.

#### 4. 잔류농약의 위해성 평가

검출된 농약의 위해성은 1일 섭취허용량(ADI)과 1일 섭취추정량(EDI)의 비로 산출하여 안전성을 평가하였다(11). 농산물 중 검출농약의 평균잔류량(mg/kg)에 농산물의 1일 섭취량(kg/day)을 곱하여 잔류농약 1일 섭취추정량(Estimated daily

**Table 2.** Analytical conditions of GC-NPD and GC-ECD

Instrument	Agilent 7890A	
Detector	Nitrogen-phosphorus detector	$\mu$ Electron capture detector
Column	DB-1701 14% cyanopropyl phenyl methyl(30 m×320 $\mu$ m ID×0.25 $\mu$ m film thickness) HP-5 5% phenyl methyl siloxane(30 m×320 $\mu$ m ID×0.25 $\mu$ m film thickness)	
Oven temp.	100°C (2 min) → 10°C/min → 200°C (1 min) → 10°C/min → 260°C (9 min)	150°C (2min) → 10°C/min → 240°C (2 min) → 15°C/min → 280°C (25 min)
Injection temp.	210°C	230°C
Detector temp.	320°C	320°C
Gas flow	N <sub>2</sub> (1.5 mL/min) Air (60 mL/min) H <sub>2</sub> (4 mL/min)	N <sub>2</sub> (1.5 mL/min)

**Table 3.** Analytical conditions of GC-MSD

Instrument	Agilent 6890N	
Column	HP-5MS 5% phenyl methyl siloxane(30 m×250 $\mu$ m ID× 0.25 $\mu$ m film thickness)	
Oven temp.	100°C (2 min) → 10°C/min → 280°C (10 min)	
Injection temp.	230°C	
Carrier gas	He(splitless, 1.0 mL/min)	
MSD	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 of HPLC-FLD and HPLC-UVD**

Instrument	Waters e2695			Agilent 1200 series		
Column	Carbamate analysis column (3.9×150 mm)			ZORBAX Eclipse XDB-C18 (4.6×250 mm, 5.0 μm)		
Detector	Fluorescence detector			Diode array detector		
Wavelength	Excitation λ : 340 nm, Emission λ : 445 nm			254 nm, scan : 190~400 nm		
Flow rate	1.2 mL/min			1.0 mL/min		
Column oven	40°C			40°C		
Injection vol.	20 μL			20 μL		
Mobile Phase	A : Water, B : Methanol			A : Water, B : Methanol		
	Time(min)	A(%)	B(%)	Time(min)	A(%)	B(%)
	0.00	90	10	0.00	70	30
	1.00	60	40	5.00	50	50
	2.00	50	50	10.00	20	80
	7.00	40	60	18.00	5	95
	8.00	30	70	19.00	0	100
	9.00	20	80	23.00	50	50
	10.00	90	10			
	12.00	90	10	25.00	70	30

**Table 5. Analytical conditions of LC-MSD**

Instrument	Agilent 6130 quadruple		
Detector	Mass selective detector		
Ionization mode	APCI-Positive mode		
Drying gas	7.0 L/min		
Gas temp.	350°C		
CID voltage	70 eV		
Column	ZORBAX Eclipse Plus C18(3.5 μm, 3.0×100 mm)		
Flow rate	1.5 mL/min		
Column oven	40°C		
Injection vol.	10 μL		
Mobile Phase	A : Water, B : Methanol		
	Time(min)	A(%)	B(%)
	0.00	70	30
	1.00	50	50
	2.50	35	65
	5.00	20	80
	6.00	20	80
	6.50	10	90
	6.80	5	95
	7.00	70	30

intake, EDI)을 산출하였고 농약별 ADI(Acceptable Dietary Intake)는 식품의약품안전처의 잔류농약 데이터베이스 자료(12)를 이용하였으며, 농산물의 1일 섭취량은 2016년 국민건강통계 자료(13)를 참고하였다. 또한 평균체중은 CODEX 가이드라인에 따라 잔류농약 기준 설정 시 적용하는 아시아인의 평균체중인 55 kg을 적용하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 농산물별 잔류농약 검출

서울 강남지역에서 유통된 농산물 4,536건(채소류 4,065건, 과일류 181건, 버섯류 130건, 서류 120건, 곡류 21건, 두류 8건, 향신료 5건, 견과종실류 6건)에 대하여 동시분석 가능한 265종의 잔류농약 실태를 조사한 결과는 표 6과 같다. 전체 농산물 중 농약이 검출된 농산물은 1,034건으로 22.8%의 검출률을 나타냈고, 이 중에서 농약 잔류허용기준(Maximum Residue Level, MRL)을 초과한 농산물은 20건으로 전체 농산물 중 0.4%를 차지하였다. 최근 서울 강남지역 유통농산물의 농약잔류실태(그림 1)를 살펴보면 검출률이 2012년 11.6%, 2013년 13.8%, 2014년 21.3%, 2015년 21.7%, 2016년 22.8%로 지속적으로 증가하다가 2017년은 22.8%로 2016년과 같은 검출률을 나타내었다(14). 이는 잔류농약 분석 장비의 발달 및 시료 전처리 기술 등의 발전으로 미량의 잔류농약을 분석할 수 있는 것이 주요한 요인으로 볼 수 있다(15). 반면 부적합률은 2012년 0.8%에서 2014년 1.6%로 증가하다가 2014년 이후 점차 낮아지고 있음을 알 수 있었다. 2016년과 검출률은 같았지만 부적합률은 0.9%에서 0.4%로 감소하였는데 이는 친환경농산물의 증가와 농약사용에 대한 농민들의 의식 변화 뿐만 아니라 농약검사기관의 지속적인 모니터링 결과라고 판단할 수 있다(16). 또한 농산물의 잔류농약 기준을 적용할 때 대부분류에 속한 농산물의 최저기준에 적용하였던 농산물을 2016년 12월 31일부터 추가된 엽경채류, 엽채류의 기준에 적용하면서 부적합률이 낮아진 것으로 생각된다(식품의약품안전처고시 제 2016-

154호).

잔류농약이 검출된 농산물 1,034건을 품목별로 살펴보면 채소류는 4,065건 중 999건(검출률 24.6%), 과일류는 181건 중 34건(검출률 18.8%), 서류는 120건 중 1건(검출률 0.8%)에서 잔류농약이 검출되었다. 반면에 버섯류, 곡류, 두류, 향신료, 견과종실류는 잔류농약이 검출되지 않았다. 채소류 중에서 형태에 따른 검출률은 엽채류 31.3%(900건), 박과 이외 과채류 16.0%(40건), 엽경채류 15.7%(25건), 박과 과채류 10.1%(23건) 순이었으며 결국 엽채류와 근채류는 상대적으로 검출률이 매우 낮았다. 채소류의 세부 품목에서는 검출률이 들깨잎 59.5%, 돌나물 58.3%, 참나물 48.5%, 부추 45.5%, 근대 41.5% 순이었는데, 이들은 다른 채소류에 비해 중량당 단위면적이 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(4). 겨자채(100%), 달래(100%), 방풍나물(60%)은 검출률이 높았지만 분석한 시료 건수가 5건 이하로 수거 건수를 늘려 지속적인 검사가 이루어져야 된다고 생각된다. 과일류에서는 감귤류(32.6%), 핵과류(26.1%), 장과류(22.6%), 인과류(9.1%), 열대과일류(8.3%) 순으로 검출률이 나타났고, 감귤류 중 오렌지(54.6%)의 검출률이 가장 높았다. 박(17) 등은 열대과일, 감귤류 및 인과류의 과일 부위별 잔류농약을 분석한 결과 과일 전체 실험에 비해 감귤 과피에서는 2.5~6배, 오렌지는 3~8배 정도 많은 양의 잔류농약이 검출되었다고 하였다. 껍질을 제거하고 섭취하는 과일은 껍질을 벗긴 후 섭취하면 농약의 대부분이 제거되어 안심할 수 있으나 과일껍질 제거 과정에서 농약성분이 손이나 칼로부터 과육으로 이행될 가능성을 줄이기 위해 세척에 주의가 필요할 것이다(18).

농약 잔류허용기준을 초과한 농산물은 상추 3건, 들깨잎 2건, 근대 2건, 치커리 2건, 엇갈이배추 2건, 배추 2건, 그 외 채소류에서 7건으로 부적합 농산물 20건은 모두 채소류였다. 부적합 채소류 중 엽채류가 17건으로 85%를 나타냈으며 이는 2015년(19)과 2016년 서울 강남지역 유통농산물의

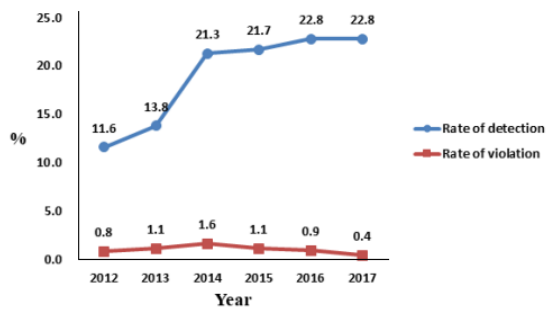
**Table 6. Pesticide residues detected and violated in agricultural products**

Type	Group	Commodity	No. of sample	No. of detection(%)	No. of violation(%)			
Vegetables	Flowerhead brassicas	Korean cabbage	109	8	7.3	2	1.8	
		Broccoli	106	2	1.9			
		Cabbage	67	0	0.0			
		Subtotal	282	10	3.6	2	0.7	
	Leafy vegetables	Lettuce	826	163	19.7	3	0.4	
		Perilla leaves	751	447	59.5	2	0.3	
		Marsh mallow	183	24	13.1			
		Chard	171	71	41.5	2	1.2	
		Chicory(leaves)	166	21	12.7	2	1.2	
		Radish(leaves)	148	24	16.2	1	0.7	
		Brassica leafy vegetables	134	36	26.9	2	1.5	
		Spinach	128	40	31.3	1	0.8	
		Lettuce head	86	11	12.8			
		Bok choy	84	21	25.0	1	1.2	
		Chamnamul	33	16	48.5	1	3.0	
		kale	29	0	0.0			
		Crown daisy	20	2	10.0			
		Sedum	12	7	58.3			
		Chwinamul	12	0	0.0			
		Betterbur	10	4	40.0			
		Pumpkin young leaves	9	1	11.1			
		Korean wasabi(leaves)	8	0	0.0			
		Siler divaricata	5	3	60.0			
		Mustard leaf	4	1	25.0	1	25.0	
		Mustard green	2	2	100.0			
		Others	51	6	11.8	1	2.0	
		Subtotal	2,872	900	31.3	17	0.6	
		Stalk and stem vegetables	Water dropwort	41	2	4.9		
			Green garlic	30	6	20.0	1	3.3
			Welsh onion	21	5	23.8		
			Celery	15	4	26.7		
	Leek		11	5	45.5			
	Wild Garlic		2	2	100.0			
	Others		39	1	2.6			
	Subtotal	159	25	15.7	1	0.6		
	Root and tuber vegetables	Onion	78	0				
		Garlic	46	0				
		Radish(roots)	41	1	2.4			
		Burdock	32	0				
		Carrot	30	0				
	Others	47	0					
	Subtotal	274	1	0.4				
	Fruiting vegetables, Cucurbits	Cucumber	111	14	12.6			
		Squash	68	2	2.9			
		Korean melon	32	5	15.6			
		Others	17	2	11.8			
	Subtotal	228	23	10.1				

**Table 6. (Continued)**

Type	Group	Commodity	No. of sample	No. of detection(%)	No. of violation(%)		
Fruits	Fruiting vegetables other than Cucurbits	Egg plant	99	11	11.1		
		Green & red pepper	69	24	34.8		
		Sweet pepper	44	5	11.4		
		Tomato	38	0	0.0		
		Subtotal	250	40	16.0		
	Subtotal		4065	999	24.6	20	0.5
	Pome fruits	Apple	39	5	12.8		
		Pear	9	0	0.0		
		Persimmon	7	0	0.0		
		Subtotal	55	5	9.1		
	Citrus fruits	Mandarin	31	8	25.8		
		Orange	11	6	54.6		
		Lemon	1	0	0.0		
		Subtotal	43	14	32.6		
	Stone fruits	Peach	10	1	10.0		
		Plum	6	0	0.0		
		Jujube	4	3	75.0		
		Cherry	3	2	66.7		
		Subtotal	23	6	26.1		
	Berries and other small fruits	Grape	23	6	26.1		
		Strawberry	12	1	8.3		
		Rubi Fructus	1	0	0.0		
		Subtotal	36	7	19.4		
	Assorted tropical and sub-tropical fruits	Banana	18	1	5.6		
Kiwifruit		4	1	25.0			
Others		2	0	0.0			
Subtotal		24	2	8.3			
Subtotal		181	34	18.8			
Mushrooms	-	King oyster mushroom	47	0	0.0		
		Winter mushroom	23	0	0.0		
		Oak mushroom	21	0	0.0		
		Others	39	0	0.0		
	Subtotal		130	0	0.0		
Potatoes	-	Potato	53	0	0.0		
		Sweet potato	48	1	2.1		
		Others	19	0	0.0		
	Subtotal		120	1	0.8		
Cereal grains	-	Rice	11	0	0.0		
		Corn	10	0	0.0		
	Subtotal		21	0	0.0		
Beans	-	Pea	4	0	0.0		
		Others	4	0	0.0		
	Subtotal		8	0	0.0		
Herbs and spices	-	Coriander	4	0	0.0		
		Rosemary	1	0	0.0		
	Subtotal		5	0	0.0		
Nuts and seeds	Peanut or nuts	Chestnut	6	0	0.0		
Total			4536	1034	22.8	20	0.4





**Fig. 1.** Annual rates of detection and violation.

잔류농약 실태조사(14)에서 부적합 농산물 중 업체별 채류가 각각 89.3%, 86.4%의 높은 비율을 포함하고 있음을 보고한 결과와 일치하는 것으로 나타났다.

표 7에서는 한 농산물 시료에서 2종 이상의 농약이 검출된 결과를 나타내고 있는데 잔류농약이

검출된 농산물 1,034건 중 348건(33.7%)의 시료에서 2종 이상의 농약이 동시에 검출되었다. 2종의 농약이 동시에 검출된 것이 240건(7.4%)으로 가장 많았고, 3종의 농약이 동시에 검출된 것은 81건(3.3%), 4종은 22건(1.2%)이었으며, 들깨잎 2건, 엇갈이배추, 고추에서는 5종의 농약이 동시에 검출되었다. 들깨잎 1건에서는 디에토펜카브, 플루디오소닐, 테부펜피라드, 펜디메탈린, 아즉시스트로빈, 펜피록시메이트, 플루벤디아마이드 등 7종의 농약이 동시에 검출되었지만 모두 잔류허용기준 이내였으며, 2종 이상의 농약이 검출된 농산물 348건 중 들깨잎이 227건으로 가장 높았는데 이는 들깨잎이 혼합제 농약의 사용이 가장 높음을 알 수 있었다. 살균 및 살충의 목적으로 농약을 사용할 경우 단일제를 반복해서 사용하면 병해충이 그 약제에 대해 내성이 생겨 약효가 떨어지기 때

**Table 7.** Number of multiple pesticide residues detected in one agricultural product

Commodity	No. of pesticide residues(%)				
	2	3	4	5	7
Perilla leaves	148(19.7)	58(7.7)	18(2.4)	2(0.3)	1(0.1)
Lettuce	16(1.9)	4(0.5)	1(0.1)		
Spinach	16(12.5)				
Chard	15(8.8)	5(2.9)	1(0.6)		
Green & red pepper	8(11.6)	3(4.3)		1(1.4)	
Brassica leafy vegetables	6(4.5)	2(1.5)	1(0.7)	1(0.7)	
Bok choy	5(6.0)	1(1.2)			
Chicory(leaves)	3(1.8)	2(1.2)			
Lettuce head	3(3.5)				
Leek	2(18.2)		1(9.1)		
Grape	2(8.7)	2(8.7)			
Mandarin	2(6.5)				
Jujube	2(50.0)				
Broccoli	2(1.9)				
Radish(leaves)	2(1.4)				
Others	8(2.2)	4(2.9)			
Total	240(7.4)	81(3.3)	22(1.2)	4(0.4)	1(0.1)

문에 작용특성이 서로 다른 농약을 번갈아 가며 사용하였거나 혼합제를 사용함으로써 방제효과를 높이려 했던 것으로 판단된다(1).

## 2. 농약별 잔류농약 검출

서울 강남지역에서 유통된 농산물 4,536건에 대하여 잔류농약 265종을 분석한 결과 69종의 농약이 1,517회 검출되었다(표 8). 농약의 용도별 검출 현황을 보면 살충제 598회(39.4%), 살균제 626회(41.3%), 살비제 253회(16.7%), 생장조절제 31회(2.0%), 제초제 9회(0.6%)로 살균제가 가장 많이 검출되었다. 2016년 서울 강남지역 유통농산물의 잔류농약 실태조사(14)에서는 살균제 45.5%, 살충제 35.2%, 살비제 18.4% 순으로 살균제의 검출 횟수가 가장 높게 나타나 본 연구와 일치하였으나, 살균제와 살충제의 비율은 차이가 있는 것으로 나타났다. 검출빈도(그림 2)를 살펴보면 테부펜피라드가 182회(0.009~2.796 mg/kg)로 가장 높았고, 사이퍼메트린 165회(0.004~1.634 mg/kg), 아족시스트로빈 107회(0.037~9.533 mg/kg), 프로사이미돈 96회(0.007~4.058 mg/kg), 디에토펜카브 89회(0.024~8.885 mg/kg) 순이었다. 테부펜피라드는 2015년과 2016년 강남지역 실태조사에서도 가장 빈번하게 검출되는 농약이었지만 잔류허용기준 이내로 검출되어 부적합 판정을 받은 경우가 없었는데 이는 비교적 낮은 독성을 갖는 성분으로 잔류허용기준이 높기 때문이라고 생각된다(20).

잔류허용기준을 초과한 농약은 15종 26회로 다이아지논이 4회로 가장 높았으며 디니코나졸 3회, 펜사이큐론 3회, 카보퓨란, 플루퀸코나졸, 이프로

디온이 각각 2회로 검출되었다. 부적합 농산물은 검출농약의 기준에 적용한 경우 보다 농산물의 잔류허용기준이 설정되지 않아 유사 분류에 속한 농산물의 최저기준에 적용하여 초과한 경우가 70% 이상이었다. 그러므로 국민들에게 안전한 농산물을 생산·공급하기 위해서는 소면적 작물에 대한 등록 농약의 확대가 필요하며, 농민을 대상으로 농약의 안전한 사용을 위한 교육과 홍보가 보다 적극적으로 이루어져야 할 것이다(21, 22).

## 3. 잔류농약의 위해성평가

잔류허용기준을 초과한 농약 중 2회 이상 검출된 6종 농약 성분에 대한 위해성 평가를 실시하였다. 농산물에서 검출된 농약의 평균 잔류량으로부터 구한 일일섭취추정량(EDI, Estimated Daily Intake)을 일일섭취허용량(ADI, Acceptable Daily Intake)으로 나누어 구한 %ADI 결과는 표 9와 같다. 평균 검출 농도는 EPA 위해성 평가(23)에 사용되고 있는 방법으로 검출한계 이하의 시료수에 1/2 LOD를 곱한 값을 시료의 평균 잔류량에 합한 후 전체 시료수로 나누어 구하였다. 시료의 경우 ADI는 식품의 농약 잔류허용기준에 따른 해당 농약의 ADI(mg/kg/day)값에 평균 체중 55 kg을 곱하여 산출하였고, EDI 산출시 채소류의 1일 섭취량은 2016년 국민건강통계를 참고하여 296.8g/day를 적용하였다. ADI 값은 다이아지논 15.455%, 카보퓨란 2.727%, 플루퀸코나졸 1.455% 순으로 높았고, 6종 농약의 %ADI 값은 0.0145~15.455 범위로 나타났다. %ADI(Hazard Index)가 100보다 클 경우 유해 영향 발생이 예측되어 안전하다고 할 수 없으며, 100 이하인 경우 안전하다고 판단할 수 있으므로 검출된 6종 농약은 안전하다고 볼 수 있다. 김(24) 등의 연구결과에서는 국내 유통 농산물 2,208건에 대한 잔류농약 모니터링 결과 다이아지논의 %ADI 값은 1.3225로 본 연구보다 낮은 수준이었고, 디니코나졸의 %ADI 값은 2.3809로 높게 나타났다. 농약이 검출된 농산물을 직접 섭취하는 경우라도 대부분 세척의 과정을 거치고, 조리 및 발효 등과 같은 추가적인 가공 과정을 거치게 되므로 실제로 섭취를 통한 위해도는 더욱 낮아질 것으로 판단된다(1).

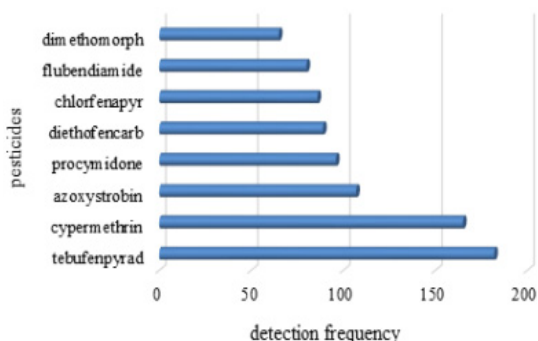


Fig. 2. Detection frequencies of pesticide residue.

**Table 8.** Detection of pesticide residues in agricultural products and their MRLs

Type	Pesticide	No. of sample detected	No. of sample over MRL	Detection range (mg/kg)	MRLs (mg/kg)
Insecticide	Acetamiprid	2		0.063~0.125	5.0
	Acrinathrin	2		0.200~1.296	5.0
	Bifenthrin	25		0.010~1.657	0.05~10
	Cadusafos	1		0.038	0.05
	Carbofuran	5	2	0.04~0.156	0.05~2.0
	Chlorantraniliprole	36		0.041~0.983	3.0~10
	Chlorfenapyr	86		0.004~1.634	0.5~7.0
	Chlorpyrifos	21	1	0.002~0.710	0.05~2.0
	Chlorpyrifos-methyl	1	1	0.451	0.2
	Cyhalothrin	16		0.014~0.298	0.5~3.0
	Cypermethrin	165		0.013~2.136	0.05~15
	Diazinon	15	4	0.011~1.602	0.05~0.5
	Endosulfan	4		0.011~0.050	0.1
	Ethiofencarb	1		1.794	5.0
	Ethoprophos	1	1	0.051	0.02
	Fenpropathrin	5		0.037~0.266	0.2~5.0
	Fenvalerate	3		0.013~0.452	1.0~14.0
	Fipronil	1		0.009	0.01
	Flonicamid	9		0.011~0.197	0.5~2.0
	Flubendiamide	80	1	0.068~0.149	0.7~15
	Flufenoxuron	36		0.065~2.831	3.0~10
	Fosthiazate	1		0.134	5.0
	Indoxacarb	33		0.012~3.198	0.7~20
	Lufenuron	12		0.064~1.029	5.0~10
	Methoxyfenozide	4		0.159~2.080	20
	Phenthoate	3	1	0.167~0.700	0.1~1.0
	Pyridaben	4		0.041~0.751	0.05~5.0
Pyridalyl	16		0.030~2.203	5.0~15	
Tebufozide	3	1	0.069~2.667	0.3~1.0	
Tefluthrin	5		0.009~0.026	0.05~2.0	
Thiacloprid	2		0.248~0.636	20	
	Subtotal	598	12		
Fungicide	Amisulbrom	8		0.262~3.183	1.0~10
	Azoxystrobin	107		0.037~9.533	0.05~50
	Boscalid	11		0.064~2.101	3.0~30
	Chlorothalonil	14		0.160~1.577	2.0~5.0
	Cyazofamid	1		0.715	10

**Table 8. (Continued)**

Type	Pesticide	No. of sample detected	No. of sample over MRL	Detection range (mg/kg)	MRL (mg/kg)
Fungicide	Cyflufenamid	2		0.011~0.016	0.3
	Cyprodinil	7		0.029~0.092	2.0~5.0
	Diethofencarb	89		0.024~8.885	1.0~30
	Dimethomorph	65		0.039~9.043	5.0~30
	Diniconazole	32	3	0.014~0.848	0.1~0.3
	Fenhexamid	1		0.145	30
	Fludioxonil	36		0.033~5.557	0.05~40
	Fluquinconazole	3	2	0.094~1.449	0.05~20
	Flutolanil	7		0.040~0.651	0.7~15
	Imazalil	1		0.258	5.0
	Iprodione	12	2	0.019~1.388	0.1~25
	Isoprothiolane	5		0.014~0.058	0.2
	Kresoxim-methyl	6		0.089~3.818	2.0~20
	Metrafenone	3		0.037~0.059	0.7~2.0
	Myclobutanil	47		0.024~0.881	20
	Pencycuron	4	3	0.04~0.789	0.05
	Picoxystrobin	1		0.010	1.0
	Prochloraz	2		0.091~1.488	1.0~50
	Procymidone	96	1	0.007~4.058	0.2~10.0
	Pyraclostrobin	16		0.062~4.960	3.0~20
	Pyrimethanil	8		0.062~8.683	3.0~30
	Tebuconazole	15		0.039~1.502	1.0~15
	Thifluzamide	21		0.011~0.047	0.05
Trifloxystrobin	3		0.082~0.317	1.0~2.0	
Triflumizole	1		1.644	2.0	
Zoxamide	2		0.340~0.403	3.0	
	Subtotal	626	11		
Miticide	Etoxazole	1	1	1.740	0.1
	Fenazaquin	17		0.013~0.862	0.7~3.0
	Fenpyroximate	53		0.043~6.495	7.0
	Tebufenpyrad	182		0.009~2.796	5
	Subtotal	253	1		
Growth regulator	Paclobutrazol	30	1	0.019~8.433	2.0~7.0
	Uniconazole	1	1	0.276	Not detected (0.05)
	Subtotal	31	2		
Herbicide	Pendimethalin	9		0.016~0.075	0.05~0.2
Total		1517	26		

**Table 9.** Risk assessment of pesticides detected in agricultural products

Pesticide	Average concentration <sup>a)</sup> (mg/kg)	ADI <sup>b)</sup> (mg/kgb.w./day)	EDI <sup>c)</sup> (mg/person/day)	ADI <sup>d)</sup> (mg/person/day)	%ADI <sup>e)</sup>
Diazinon	0.0057	0.0002	0.0017	0.011	15.4545
Diniconazole	0.0061	0.0230	0.0018	1.265	0.1423
Pencycuron	0.0053	0.2000	0.0016	11.000	0.0145
Fluquinconazole	0.0054	0.0020	0.0016	0.110	1.4545
Carbofuran	0.0051	0.0010	0.0015	0.055	2.7272
Iprodione	0.0059	0.0600	0.0018	3.300	0.0545

a) Average concentration(mg/kg) = {(Number of sample below LOD×1/2 LOD) + Σ(detected concentration)} / number of total sample

b) Acceptable daily intake(mg/kgb.w./day)

c) Estimated daily intake(mg/person/day) = Average concentration(mg/kg) × daily food intake/1000

d) Acceptable daily intake(mg/person/day) = ADI(mg/kgb.w./day) × 55(kg)

e) % Acceptable daily intake = (EDI/ADI) × 100

## 요 약

서울 강남지역에서 유통된 농산물 4,536건(채소류 4,065건, 과일류 181건, 버섯류 130건, 서류 120건, 곡류 21건, 두류 8건, 향신료 5건, 견과종실류 6건)에 대하여 동시분석 가능한 265종의 잔류농약 실태를 조사하였다.

1. 전체 농산물 중 농약이 검출된 농산물은 1,034건으로 22.8%의 검출률을 나타냈고, 이 중에서 농약 잔류허용기준(Maximum Residue Level, MRL)을 초과한 농산물은 20건으로 전체 농산물 중 0.4%를 차지하였다.
2. 채소류는 4,065건 중 999건(검출률 24.6%), 과일류는 181건 중 34건(검출률 18.8%), 서류는 120건 중 1건(검출률 0.8%)에서 잔류농약이 검출되었다. 반면에 버섯류, 곡류, 두류, 향신료, 견과종실류는 잔류농약이 검출되지 않았다. 채소류의 세부 품목에서는 검출률이 들깨잎 59.5%, 돌나물 58.3%, 참나물 48.5%, 부추 45.5%, 근대 41.5% 순이었다.
3. 농약 잔류허용기준을 초과한 농산물은 상추 3건, 들깨잎 2건, 근대 2건, 치커리 2건, 엇갈이 배추 2건, 배추 2건, 그 외 채소류에서 7건으로 부적합 농산물 20건은 모두 채소류였다. 부

적합 채소류 중 엽채류가 17건으로 85%를 나타내었다.

4. 분석농약 265종 중 69종의 농약이 1,517회 검출되었고 테부펜피라드 182회, 사이퍼메트린 165회, 아족시스트로빈 107회, 프로사이미돈 96회, 디에토펜카브 89회 순으로 검출되었다. 잔류허용기준을 초과한 농약은 15종 26회로 다이아지논이 4회로 가장 높았으며, 디니코나졸 3회, 펜사이큐론 3회, 카보퓨란, 플루퀸코나졸, 이프로디온이 각각 2회로 검출되었다.
5. 6종 농약 성분에 대한 위해성 평가 %ADI 값은 0.0145~15.455 범위로 나타나 안전하였다.

## 참고문헌

1. 김중율, 정유민, 오한솔, 강성태 : LC-MS/MS를 이용한 수도권에 유통되는 친환경 농산물의 잔류농약 모니터링 및 안전성 평가. 한국식품과학회지, 47:306~320, 2015.
2. 국가법령정보센터 농약관리법, <http://epmso.rda.go.kr>
3. 농촌진흥청 농약관리시스템, <http://www.law.go.kr>
4. 장미라, 문현경, 김태량, 육동현, 김은희, 홍

- 채규, 최채만, 황인숙, 김정현, 김무상 : 서울 지역 유통 채소류의 잔류농약 조사. 농약과학회지, 15:114~124, 2011.
5. 김미옥, 황혜신, 임무송, 홍지은, 김순선, 도정아, 최동미, 조대현 : LC/MS/MS를 이용한 국내 유통 농산물의 잔류농약 실태조사. 한국식품과학회지, 42:664~675, 2010.
  6. Do, JA, Lee, HJ, Shin, YW, Choe, WJ, Chae, KR, Soon, KC and Kim, WS : Monitoring of pesticides residues in domestic agricultural products. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39:902~908, 2010.
  7. Lee, SR : Pesticide problems and regulatory aspects in USA. Korean J. Environ. Agric. 10:178~196, 1991.
  8. GAP를 통한 농식품 중 유해물질 안전관리 : 유해물질 '사전 예방' 중심의 안전관리 필수적 생활과 농약, 31:28~30, 2010.
  9. 식품의약품안전처 고시 제 2015-78호, 2015. 10. 29.
  10. 식품의약품안전처 : 식품공전 일반시험법. 4.1. 2.2 다중농약다성분분석법-제2법. 9-4-10-9-4-19, 2013
  11. 김지영, 황래홍, 육동현, 이재규, 박소현, 김지혜, 박정현, 박주성, 김무상 : 서울 강서지역 유통농산물 중 트리아졸계 농약의 잔류 특성 및 위해성 평가(2011~2015). 서울특별시보건환경연구원보, 52:107~116, 2016.
  12. Ministry of Food and Drug Safety. Pesticide Residue Database. Available from : <http://www.foodsafetykorea.go.kr/residue/prd/info/list>.
  13. 보건복지부, 질병관리본부 : 2016 국민건강통계, 2016.
  14. 광보람, 이명숙, 장민수, 조성자, 최부철, 이용철, 김나영, 김지혜, 김지민, 김유나, 조한빈, 김무상 : 서울 강남지역 유통농산물의 잔류농약 실태 조사. 서울특별시보건환경연구원보, 52:71~83, 2016.
  15. 이규식 : 2015년 국내 유통 농산물 잔류농약 모니터링 연구. 식품위해평가부 자체연구개발 과제 최종보고서, p.114~118, 2015.
  16. 김남훈, 이정숙, 김옥희, 최영희, 한성희, 김윤희, 김희선, 이새람, 이정미, 유인실, 정권 : 2013년 서울북부지역 유통농산물의 잔류농약 모니터링 및 위해성 평가. 한국식품위생안전성학회지, 29:170~180, 2014.
  17. 박경애, 이정숙, 정소영, 조성애, 김남훈, 김윤희, 박혜원, 류희진, 이정미, 유인실, 정권 : 열대과일, 감귤류 및 인과류의 과일 부위별 잔류농약 안전성 검토. 서울특별시보건환경연구원보, 51:71~82, 2015.
  18. Yuncheng, L, Bining, J, Qiyang, Z, Chengqiu, W, Yong, G, Yaohai, Z and Weijun, C : Effect of commercial processing on pesticide residues in orange products. Eur. Food Res. Technolo., 234:449~456, 2012.
  19. 이명숙, 장민수, 조성자, 이인숙, 이윤정, 금진영, 김나영, 김지혜, 광보람, 조한빈, 김무상, 정권 : 서울 강남지역 유통 농산물 중 농약 잔류실태(2015). 서울특별시보건환경연구원보, 51:39~52, 2015.
  20. 한국작물보호협회. Available from : <http://www.koreacpa.org/new/main.html>.
  21. 강남숙, 김성철, 강윤정, 김도형, 장진욱, 원세라, 현재희, 김동언, 정일용, 이규식, 신영민, 정동윤, 김상엽, 박주영, 권기성, 지영애 : 국내 유통 다소비 농산물의 잔류농약 모니터링 및 노출평가. 농약과학회지, 19:32~40, 2015.
  22. Korea Food and Drug Administration. Research Report 2011. Korea Food and Drug Administration, Cheongwon, Korea, 2011.
  23. EPA : EPA Guidelines for exposure assessment. 1999.
  24. 김옥희, 박성규, 하광태, 최영희, 승현정, 김시정, 이경아, 장정임, 조한빈, 최병현, 김민영 : 국내 산지별 채소류의 잔류농약 실태 및 안전성 평가. 서울특별시보건환경연구원보, 45:44~65, 2009.