



광주지역 도매시장 반입농산물의 잔류농약 실태 및 위해성 평가 (2014~2016)

양용식* · 강경리 · 이세미 · 김선경 · 이민규 · 최은아 · 서계원 · 김은선 · 김진희

광주광역시 보건환경연구원 농수산물검사소

Survey on Pesticide Residues and Risk Assessment of Agricultural Products from Wholesale Market in Gwangju (2014~2016)

Yongshik Yang*, Gyungrigang, Semi Lee, Seongyeong Kim, Min Gyou Lee, Euna Choi, Kyewon Seo, Eunsun Kim and Jinhee Kim

Health and Environment Research Institute of Gwangju city, Korea

(Received on August 29, 2017. Revised on September 28, 2017. Accepted on November 3, 2017)

Abstract This study was conducted to monitor the residual pesticides and to assess their risk to human health in agricultural products from wholesale market in Gwangju from 2014 to 2016. A total of 6,445 samples was analyzed and 96 samples in 23 commodities violated maximum residual limits (MRLs) and the rate of detection and violation was 1.5% and 11.4%, respectively. The frequent products that exceeded MRLs were spinach (15 times), crown daisy (9 times), pepper leaf and ssamchu (7 times), dong guai leaf, chwinamul and chinese chives (6 times) etc. Among 120 pesticides tested, 42 pesticides were detected and among them, 29 pesticides were detected over MRLs. The frequently detected pesticides were azoxystrobin (186, 21.4%), dimethomorph (112, 12.9%), boscalid (65, 7.5%), procymidone (62, 7.1%), flufenoxuron (42, 4.8%) etc. The frequently violated pesticides were diazinon (10, 9.7%), chlorpyrifos, diniconazole and procymidone (8, 9.7%), lufenuron (7, 6.8%) in order. Comparing the estimated daily intake (EDI) of pesticides with the acceptable daily intake (ADI) to assess their risk, Hazard Index (%ADI) was 0.00006~15.70909%. Cadusafos in chwinamul showed the highest, 15.70909% and most of pesticides was below 3%. The results meant that although 96 samples violated MRLs they were evaluated as safe level.

Key words agricultural products, Hazard Index, MRLs, pesticide residue, risk assessment

서론

예전과 달리 먹고사는 일차적인 문제가 해결된 현대사회에서 이제 현대인의 주요한 관심사는 얼마나 안전한 식품을 섭취하고 있는가에 집중되고 있다. 특히 농약으로부터의 안전한 농산물에 대한 선호도는 어느 때보다도 높아지고 있다. 그러나 농약의 독성에 대한 도시민의 인지도 분석결과 도시민은 농민이 농약을 과다하게 사용하고 있으며(23%), 농작물에 농약이 잔류하고 이로 인해 만성독성을 유발하거나 암의 원인이 된다고 생각하고 있었다(82%). 그럼에도 불구하고

고 농업에서 농약이 필요하다고 생각하는 도시민도 응답자의 60%를 차지하였다(Cho et al., 2000).

농약은 현대 농업에 있어서 필수불가결한 농업자재로써 농작물의 재배과정에서 병해충으로부터 농작물을 보호하여 생산성을 높이고, 품질향상에 크게 기여하여 오늘날 풍요로운 먹을거리의 공급이 가능하도록 하였을 뿐만 아니라 최근 농촌인구 감소로 인한 노동력 부족을 메우고 농업생산비 절감에 중요한 역할을 하고 있다(Jang et al., 2010). 그러나 이러한 농약의 유익성에도 불구하고 농약 자체의 독성으로 인해 농약 살포 후 토양에 잔류하거나 관개수를 통해 하천에 유입됨으로서 환경오염을 야기할 수도 있으며 수확한 농작물에 잔류하는 농약이 이를 섭취하는 인간에게 위해를 끼칠 가능성도 배제할 수 없는 것이 현실이다. 따라서 농약을 효

*Corresponding author
E-mail: youmeandus@korea.kr

울적으로 사용함으로써 농업생산력의 향상을 이루면서도 안전한 농산물의 유통을 동시에 이룰 수 있어야 하는 과제를 안고 있다(Kim et al., 2008).

이처럼 농약은 양면성을 가지고 있기 때문에 농약사용에 있어 철저한 관리가 요구된다. 세계 여러 나라들은 자국의 농산물안전성 확보를 위해 기준이 설정되지 않은 농약이 0.01 mg/kg 이상 잔류하는 농산물의 판매 등을 금지하는 Positive list 시스템(PLS 제도), 자국에 허용기준이 설정되지 않은 농약에 대하여 불검출을 원칙으로 하는 Zero tolerance 등을 도입하여 자국 내 유통되는 농산물의 안전성 확보에 주력하고 있다(Chung et al., 2014). 국내의 경우 2016년까지는 해당 농산물의 기준이 설정되어 있지 않은 경우 Codex 기준적용 및 유사농산물 최저기준을 적용하였다. 그러나 우리나라에서도 2016년 12월 31일부터 PLS 제도를 도입하여 현재 일차적으로 견과종실류 및 과일류 중 열대와 열류에 잔류하는 농약에 대하여 잔류허용기준이 정해지지 않은 경우 0.01 mg/kg을 적용하고 있으며, 2018년 12월 31일부터는 모든 농산물에 대하여 PLS 제도가 도입되어 잔류허용기준이 없는 농약에 대하여 일률적으로 0.01 mg/kg이 적용될 예정이다. 따라서 현재보다 강화된 기준이 적용되어 훨씬 더 안전한 농산물의 관리가 이루어질 전망이다.

본 연구에서는 농산물 유통의 첫 관문인 도매시장에 반입된 농산물을 대상으로 농약의 잔류수준을 알아보고 추정섭취량을 조사하여 농산물 중 잔류농약의 위해성을 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

재료

2014년부터 2016년까지 광주광역시 서부농수산물도매시장과 각화농산물도매시장에 반입된 농산물 6,445건을 대상으로 하였으며, 엽채류가 50~60%를 차지하였고 엽경채류와 과채류가 각각 10~20%를 차지하였다(Table 1).

분석대상 농약

분석대상 농약은 식품공전 다중농약다성분 분석법(제2법)으로 분석이 가능한 농약 중 다빈도 검출 농약성분 120종 농약을 선정하여 검사하였다(Table 2).

농약표준품 및 시약

농약 표준품은 Dr. Ehrenstorfer GmbH (Germany)와 Wako (Japan) 제품을 사용하였고, 추출용 시약 및 용매는 acetonitrile, acetone, n-hexane, dichloromethane, sodium chloride는 Merck (Germany)을 사용하였다. 시료정제를 위해 기체크로마토그래피 분석에는 florasil cartridge (Strata, 500 mg/6 mL, phenomenex, USA), 액체크로마토그래피 분석에는 aminopropyl cartridge (Strata, 1 g/6 mL, phenomenex, USA)를 사용하였다.

분석방법 및 분석기기

시료의 전처리 및 분석방법은 식품공전의 식품 중 잔류농약 분석법 다중농약다성분 분석법 제2법에 따라 기체크로마토그래프와 액체크로마토그래프로 동시 분석하였다(식품공전, 2014).

분석기기는 GC 항목은 정성분석을 위해 Gas Chromatograph mass Selective Detector (GC-MSD, 5975, Agilent, USA), 정량분석을 위해 Gas Chromatograph Electron Capture Detector (GC-ECD, 7890 및 6890, Agilent, USA), Gas Chromatograph Nitrogen Phosphorus Detector (GC-NPD, 7890 및 6890, Agilent, USA)를 사용하였으며, LC 항목은 정성 및 정량분석을 위해 Liquid Chromatograph Mass Spectrometer (LC-MS/MS, TSQ Quantum Ultra, Thermo Fisher, USA)를 사용하였다. 기기분석 조건은 Table 3, 4와 같다.

회수율, 검출한계 및 정량한계 측정

회수율은 잔류농약이 검출되지 않은 상추에 시료의 함유량 기준 저농도 0.1~0.3 mg/kg, 고농도 1.0~3.0 mg/kg이 되

Table 1. The list of collected samples from agricultural wholesale market in 2014-2016

Type	Group	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)
Vegetables	Leafy vegetables	1169 (57.6)	1141 (50.0)	1138 (53.3)
	Stalk and stem vegetables	355 (17.5)	317 (13.9)	333 (15.6)
	Fruiting vegetables	202 (10.0)	436 (19.1)	372 (17.4)
	Root and tuber vegetables	40 (2.0)	90 (3.9)	58 (2.7)
Fruits	-	194 (9.6)	113 (5.0)	85 (4.0)
Mushrooms	-	25 (1.2)	96 (4.2)	67 (3.1)
Others	-	43 (2.1)	89 (3.9)	82 (3.8)
Total	-	2028	2282	2135

Table 2. List of pesticides (120 pesticides)

Acrinathrin	Diethofencarb	Fludioxonil	Mepronil	Pyrimethanil
Aldrin & Dieldrin	Dimepiperate	Flufenoxuron	Metconazole	Pyrimidifen
Anilofos	Dimethoate	Fluquinconazole	Methabenzthiazuron	Pyriproxyfen
Azoxystrobin	Dimethomorph	Flusilazole	Methidathion	Quintozene
BHC	Diniconazole	Flusulfamide	Methoxychlor	Simeconazole
Bifenthrin	Diphenamid	Flutolanil	Methoxyfenozide	Tebufenozide
Boscalid	Diphenylamine	Forchlorfenuron	Nitrapyrin	Tebupirimfos
Bromacil	Dithiopyr	Fosthiazate	Ofurace	Teflubenzuron
Cadusafos	Endosulfan	Fthalide	Oxadixyl	Tefluthrin
Captafol	Endrin	Hexaflumuron	Parathion	Terbuthylazine
Captan	EPN	Imazalil	Pendimethalin	Tetradifon
Carbaryl	Ethaboxam	Indanofan	Phenthoate	Thiazopyr
Carbofuran	Ethion	Indoxacarb	Phosalone	Thifluzamide
Chinomethionat	Ethoprophos	Iprobenfos	Phosmet	Tolclofos-methyl
Chlorfenapyr	Etoxazole	Iprodione	Pirimiphos-methyl	Tolyfluanid
Chlorothalonil	Etrimfos	Iprovalicarb	Probenazole	Tralomethrin
Chlorpyrifos	Fenamidone	Isofenphos	Prochloraz	Triadimefon
Chlorpyrifos-methyl	Fenhexamid	Isoprothiolane	Procymidone	Tricyclazole
Cyazofamid	Fenitrothion	Kresoxim-methyl	Propisochlor	Trifloxystrobin
Cyprodinil	Fenobucarb	Lufenuron	Prothiofos	Triflumizole
Diazinon	Fenoxanil	Malathion	Pyraclufos	Triflumuron
Dichlofluanid	Fipronil	Mecarbam	Pyraclostrobin	Uniconazole
Dichlorvos	Flonicamid	Mefenacet	Pyrazophos	Vinclozolin
Dicloran	Fluazinam	Mepanipyrim	Pyridalyl	Zoxamide

Table 3. Analytical conditions for pesticides with GC(ECD, NPD and MSD)

Instrument	GC-ECD	GC-NPD	GC-MSD
Inlet Temp.	250°C	250°C	250°C
Oven Temp.	190°C (0 min) → 15°C/min → 220°C (9 min) → 30°C/min → 300°C (6 min)	190°C (0 min) → 4°C/min → 240°C (0 min) → 20°C/min → 290°C (5 min)	190°C (0 min) → 5°C/min → 250°C (0 min) → 50°C/min → 300°C (3 min)
Det Temp.	300°C	300°C	300°C
Column	DB-5	DB-5	DB-5MS
Flow rate	1.0 mL/min	1.0 mL/min	1.0 mL/min

Table 4. Analytical conditions for pesticides with UPLC-MS/MS

Instrument	UPLC-MS/MS		
Column	Acquity UPLC-BEH C18 (2.1 × 50 mm, 1.7 μm)		
Flow rate	0.4 mL/min		
Injection Volume	1 μL		
Mobile Phase	A : 0.1% Formic acid in 2% Methanol B : 0.1% Formic acid in Methanol		
	Time (min)	A (%)	B (%)
Gradient	0.0	95	5
	0.2	95	5
	4.0	0	100
	4.5	0	100
	4.6	95	5
	6.0	95	5

Table 5. Recovery, LOD and LOQ of violated pesticides

Pesticide	Detection Type	Fortification level (mg/kg)	Recovery \pm RSD (%) (n=3)	Correlation coefficient (r^2)	LOD (mg/kg) (n=5)	LOQ (mg/kg) (n=5)																																																																																																																																																																																																																												
Acrinathrin	GC-ECD	0.10	92.9 \pm 0.9	0.9996	0.0060	0.0182																																																																																																																																																																																																																												
		1.00	96.6 \pm 1.2				Chlorothalonil	GC-ECD	0.10	116.8 \pm 2.1	0.9988	0.0234	0.0708	1.00	93.9 \pm 1.7	Diniconazole	GC-ECD	0.10	103.5 \pm 4.7	0.9992	0.0084	0.0256	1.00	99.5 \pm 0.4	Endosulfan- α	GC-ECD	0.10	88.5 \pm 0.9	0.9996	0.0059	0.0178	1.00	83.6 \pm 0.6	Endosulfan- β	GC-ECD	0.10	90.8 \pm 0.4	0.9998	0.0043	0.0131	1.00	90.0 \pm 0.3	Endosulfan-sulfate	GC-ECD	0.10	98.2 \pm 2.4	0.9997	0.0048	0.0145	1.00	92.4 \pm 0.9	EPN	GC-ECD	0.10	98.1 \pm 2.0	0.9999	0.0033	0.0101	1.00	98.4 \pm 0.7	Procymidone	GC-ECD	0.10	90.8 \pm 0.8	0.9997	0.0047	0.0144	1.00	87.1 \pm 1.6	Fluazinam	GC-ECD	0.20	96.7 \pm 5.5	0.9954	0.0241	0.0731	2.00	86.1 \pm 6.3	Indoxacarb	GC-ECD	0.20	106.0 \pm 4.2	0.9994	0.0070	0.0211	2.00	102.0 \pm 0.6	Pyridalyl	GC-ECD	0.20	101.3 \pm 4.1	0.9987	0.0105	0.0319	2.00	101.1 \pm 2.2	Cadusafos	GC-NPD	0.10	83.5 \pm 5.7	0.9995	0.0067	0.0203	1.00	85.2 \pm 2.7	Chlorpyrifos	GC-NPD	0.10	91.7 \pm 3.4	0.9995	0.0067	0.0203	1.00	95.5 \pm 3.2	Diazinon	GC-NPD	0.10	82.4 \pm 6.1	0.9998	0.0037	0.0113	1.00	86.2 \pm 3.8	Ethoprophos	GC-NPD	0.10	84.2 \pm 5.2	0.9996	0.0056	0.0171	1.00	89.9 \pm 3.9	Fenitrothion	GC-NPD	0.10	103.0 \pm 6.4	0.9997	0.0054	0.0163	1.00	109.5 \pm 2.7	Fosthiazate	GC-NPD	0.10	112.0 \pm 7.1	0.9989	0.0097	0.0294	1.00	110.8 \pm 1.7	Fludioxonil	GC-NPD	0.20	92.3 \pm 2.9	0.9996	0.0159	0.0482	2.00	105.5 \pm 1.9	Triflumizole	GC-NPD	0.20	96.7 \pm 6.7	0.9986	0.0274	0.0829	2.00	101.5 \pm 2.0	Chlorfenapyr	GC-NPD	0.30	99.5 \pm 2.8	0.9978	0.0384	0.1165	3.00	105.5 \pm 1.0	Kresoxim-methyl	GC-NPD	0.30	95.5 \pm 0.8	0.9983	0.0338	0.1024	3.00	102.1 \pm 1.3	Azoxystrobin	LC-MSMS	0.20	84.0 \pm 4.2	0.9991	0.0410	0.1242	2.00	90.1 \pm 3.4	Boscalid	LC-MSMS	0.20	97.2 \pm 4.1	0.9998	0.0196	0.0593	2.00	94.1 \pm 3.4	Flufenoxuron	LC-MSMS	0.20	84.3 \pm 5.4	0.9992	0.0426	0.1292	2.00	100.0 \pm 5.7	Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776	2.00	89.7 \pm 8.7	Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5
Chlorothalonil	GC-ECD	0.10	116.8 \pm 2.1	0.9988	0.0234	0.0708																																																																																																																																																																																																																												
		1.00	93.9 \pm 1.7				Diniconazole	GC-ECD	0.10	103.5 \pm 4.7	0.9992	0.0084	0.0256	1.00	99.5 \pm 0.4	Endosulfan- α	GC-ECD	0.10	88.5 \pm 0.9	0.9996	0.0059	0.0178	1.00	83.6 \pm 0.6	Endosulfan- β	GC-ECD	0.10	90.8 \pm 0.4	0.9998	0.0043	0.0131	1.00	90.0 \pm 0.3	Endosulfan-sulfate	GC-ECD	0.10	98.2 \pm 2.4	0.9997	0.0048	0.0145	1.00	92.4 \pm 0.9	EPN	GC-ECD	0.10	98.1 \pm 2.0	0.9999	0.0033	0.0101	1.00	98.4 \pm 0.7	Procymidone	GC-ECD	0.10	90.8 \pm 0.8	0.9997	0.0047	0.0144	1.00	87.1 \pm 1.6	Fluazinam	GC-ECD	0.20	96.7 \pm 5.5	0.9954	0.0241	0.0731	2.00	86.1 \pm 6.3	Indoxacarb	GC-ECD	0.20	106.0 \pm 4.2	0.9994	0.0070	0.0211	2.00	102.0 \pm 0.6	Pyridalyl	GC-ECD	0.20	101.3 \pm 4.1	0.9987	0.0105	0.0319	2.00	101.1 \pm 2.2	Cadusafos	GC-NPD	0.10	83.5 \pm 5.7	0.9995	0.0067	0.0203	1.00	85.2 \pm 2.7	Chlorpyrifos	GC-NPD	0.10	91.7 \pm 3.4	0.9995	0.0067	0.0203	1.00	95.5 \pm 3.2	Diazinon	GC-NPD	0.10	82.4 \pm 6.1	0.9998	0.0037	0.0113	1.00	86.2 \pm 3.8	Ethoprophos	GC-NPD	0.10	84.2 \pm 5.2	0.9996	0.0056	0.0171	1.00	89.9 \pm 3.9	Fenitrothion	GC-NPD	0.10	103.0 \pm 6.4	0.9997	0.0054	0.0163	1.00	109.5 \pm 2.7	Fosthiazate	GC-NPD	0.10	112.0 \pm 7.1	0.9989	0.0097	0.0294	1.00	110.8 \pm 1.7	Fludioxonil	GC-NPD	0.20	92.3 \pm 2.9	0.9996	0.0159	0.0482	2.00	105.5 \pm 1.9	Triflumizole	GC-NPD	0.20	96.7 \pm 6.7	0.9986	0.0274	0.0829	2.00	101.5 \pm 2.0	Chlorfenapyr	GC-NPD	0.30	99.5 \pm 2.8	0.9978	0.0384	0.1165	3.00	105.5 \pm 1.0	Kresoxim-methyl	GC-NPD	0.30	95.5 \pm 0.8	0.9983	0.0338	0.1024	3.00	102.1 \pm 1.3	Azoxystrobin	LC-MSMS	0.20	84.0 \pm 4.2	0.9991	0.0410	0.1242	2.00	90.1 \pm 3.4	Boscalid	LC-MSMS	0.20	97.2 \pm 4.1	0.9998	0.0196	0.0593	2.00	94.1 \pm 3.4	Flufenoxuron	LC-MSMS	0.20	84.3 \pm 5.4	0.9992	0.0426	0.1292	2.00	100.0 \pm 5.7	Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776	2.00	89.7 \pm 8.7	Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222	2.00	100.4 \pm 2.7				
Diniconazole	GC-ECD	0.10	103.5 \pm 4.7	0.9992	0.0084	0.0256																																																																																																																																																																																																																												
		1.00	99.5 \pm 0.4				Endosulfan- α	GC-ECD	0.10	88.5 \pm 0.9	0.9996	0.0059	0.0178	1.00	83.6 \pm 0.6	Endosulfan- β	GC-ECD	0.10	90.8 \pm 0.4	0.9998	0.0043	0.0131	1.00	90.0 \pm 0.3	Endosulfan-sulfate	GC-ECD	0.10	98.2 \pm 2.4	0.9997	0.0048	0.0145	1.00	92.4 \pm 0.9	EPN	GC-ECD	0.10	98.1 \pm 2.0	0.9999	0.0033	0.0101	1.00	98.4 \pm 0.7	Procymidone	GC-ECD	0.10	90.8 \pm 0.8	0.9997	0.0047	0.0144	1.00	87.1 \pm 1.6	Fluazinam	GC-ECD	0.20	96.7 \pm 5.5	0.9954	0.0241	0.0731	2.00	86.1 \pm 6.3	Indoxacarb	GC-ECD	0.20	106.0 \pm 4.2	0.9994	0.0070	0.0211	2.00	102.0 \pm 0.6	Pyridalyl	GC-ECD	0.20	101.3 \pm 4.1	0.9987	0.0105	0.0319	2.00	101.1 \pm 2.2	Cadusafos	GC-NPD	0.10	83.5 \pm 5.7	0.9995	0.0067	0.0203	1.00	85.2 \pm 2.7	Chlorpyrifos	GC-NPD	0.10	91.7 \pm 3.4	0.9995	0.0067	0.0203	1.00	95.5 \pm 3.2	Diazinon	GC-NPD	0.10	82.4 \pm 6.1	0.9998	0.0037	0.0113	1.00	86.2 \pm 3.8	Ethoprophos	GC-NPD	0.10	84.2 \pm 5.2	0.9996	0.0056	0.0171	1.00	89.9 \pm 3.9	Fenitrothion	GC-NPD	0.10	103.0 \pm 6.4	0.9997	0.0054	0.0163	1.00	109.5 \pm 2.7	Fosthiazate	GC-NPD	0.10	112.0 \pm 7.1	0.9989	0.0097	0.0294	1.00	110.8 \pm 1.7	Fludioxonil	GC-NPD	0.20	92.3 \pm 2.9	0.9996	0.0159	0.0482	2.00	105.5 \pm 1.9	Triflumizole	GC-NPD	0.20	96.7 \pm 6.7	0.9986	0.0274	0.0829	2.00	101.5 \pm 2.0	Chlorfenapyr	GC-NPD	0.30	99.5 \pm 2.8	0.9978	0.0384	0.1165	3.00	105.5 \pm 1.0	Kresoxim-methyl	GC-NPD	0.30	95.5 \pm 0.8	0.9983	0.0338	0.1024	3.00	102.1 \pm 1.3	Azoxystrobin	LC-MSMS	0.20	84.0 \pm 4.2	0.9991	0.0410	0.1242	2.00	90.1 \pm 3.4	Boscalid	LC-MSMS	0.20	97.2 \pm 4.1	0.9998	0.0196	0.0593	2.00	94.1 \pm 3.4	Flufenoxuron	LC-MSMS	0.20	84.3 \pm 5.4	0.9992	0.0426	0.1292	2.00	100.0 \pm 5.7	Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776	2.00	89.7 \pm 8.7	Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222	2.00	100.4 \pm 2.7													
Endosulfan- α	GC-ECD	0.10	88.5 \pm 0.9	0.9996	0.0059	0.0178																																																																																																																																																																																																																												
		1.00	83.6 \pm 0.6				Endosulfan- β	GC-ECD	0.10	90.8 \pm 0.4	0.9998	0.0043	0.0131	1.00	90.0 \pm 0.3	Endosulfan-sulfate	GC-ECD	0.10	98.2 \pm 2.4	0.9997	0.0048	0.0145	1.00	92.4 \pm 0.9	EPN	GC-ECD	0.10	98.1 \pm 2.0	0.9999	0.0033	0.0101	1.00	98.4 \pm 0.7	Procymidone	GC-ECD	0.10	90.8 \pm 0.8	0.9997	0.0047	0.0144	1.00	87.1 \pm 1.6	Fluazinam	GC-ECD	0.20	96.7 \pm 5.5	0.9954	0.0241	0.0731	2.00	86.1 \pm 6.3	Indoxacarb	GC-ECD	0.20	106.0 \pm 4.2	0.9994	0.0070	0.0211	2.00	102.0 \pm 0.6	Pyridalyl	GC-ECD	0.20	101.3 \pm 4.1	0.9987	0.0105	0.0319	2.00	101.1 \pm 2.2	Cadusafos	GC-NPD	0.10	83.5 \pm 5.7	0.9995	0.0067	0.0203	1.00	85.2 \pm 2.7	Chlorpyrifos	GC-NPD	0.10	91.7 \pm 3.4	0.9995	0.0067	0.0203	1.00	95.5 \pm 3.2	Diazinon	GC-NPD	0.10	82.4 \pm 6.1	0.9998	0.0037	0.0113	1.00	86.2 \pm 3.8	Ethoprophos	GC-NPD	0.10	84.2 \pm 5.2	0.9996	0.0056	0.0171	1.00	89.9 \pm 3.9	Fenitrothion	GC-NPD	0.10	103.0 \pm 6.4	0.9997	0.0054	0.0163	1.00	109.5 \pm 2.7	Fosthiazate	GC-NPD	0.10	112.0 \pm 7.1	0.9989	0.0097	0.0294	1.00	110.8 \pm 1.7	Fludioxonil	GC-NPD	0.20	92.3 \pm 2.9	0.9996	0.0159	0.0482	2.00	105.5 \pm 1.9	Triflumizole	GC-NPD	0.20	96.7 \pm 6.7	0.9986	0.0274	0.0829	2.00	101.5 \pm 2.0	Chlorfenapyr	GC-NPD	0.30	99.5 \pm 2.8	0.9978	0.0384	0.1165	3.00	105.5 \pm 1.0	Kresoxim-methyl	GC-NPD	0.30	95.5 \pm 0.8	0.9983	0.0338	0.1024	3.00	102.1 \pm 1.3	Azoxystrobin	LC-MSMS	0.20	84.0 \pm 4.2	0.9991	0.0410	0.1242	2.00	90.1 \pm 3.4	Boscalid	LC-MSMS	0.20	97.2 \pm 4.1	0.9998	0.0196	0.0593	2.00	94.1 \pm 3.4	Flufenoxuron	LC-MSMS	0.20	84.3 \pm 5.4	0.9992	0.0426	0.1292	2.00	100.0 \pm 5.7	Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776	2.00	89.7 \pm 8.7	Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222	2.00	100.4 \pm 2.7																						
Endosulfan- β	GC-ECD	0.10	90.8 \pm 0.4	0.9998	0.0043	0.0131																																																																																																																																																																																																																												
		1.00	90.0 \pm 0.3				Endosulfan-sulfate	GC-ECD	0.10	98.2 \pm 2.4	0.9997	0.0048	0.0145	1.00	92.4 \pm 0.9	EPN	GC-ECD	0.10	98.1 \pm 2.0	0.9999	0.0033	0.0101	1.00	98.4 \pm 0.7	Procymidone	GC-ECD	0.10	90.8 \pm 0.8	0.9997	0.0047	0.0144	1.00	87.1 \pm 1.6	Fluazinam	GC-ECD	0.20	96.7 \pm 5.5	0.9954	0.0241	0.0731	2.00	86.1 \pm 6.3	Indoxacarb	GC-ECD	0.20	106.0 \pm 4.2	0.9994	0.0070	0.0211	2.00	102.0 \pm 0.6	Pyridalyl	GC-ECD	0.20	101.3 \pm 4.1	0.9987	0.0105	0.0319	2.00	101.1 \pm 2.2	Cadusafos	GC-NPD	0.10	83.5 \pm 5.7	0.9995	0.0067	0.0203	1.00	85.2 \pm 2.7	Chlorpyrifos	GC-NPD	0.10	91.7 \pm 3.4	0.9995	0.0067	0.0203	1.00	95.5 \pm 3.2	Diazinon	GC-NPD	0.10	82.4 \pm 6.1	0.9998	0.0037	0.0113	1.00	86.2 \pm 3.8	Ethoprophos	GC-NPD	0.10	84.2 \pm 5.2	0.9996	0.0056	0.0171	1.00	89.9 \pm 3.9	Fenitrothion	GC-NPD	0.10	103.0 \pm 6.4	0.9997	0.0054	0.0163	1.00	109.5 \pm 2.7	Fosthiazate	GC-NPD	0.10	112.0 \pm 7.1	0.9989	0.0097	0.0294	1.00	110.8 \pm 1.7	Fludioxonil	GC-NPD	0.20	92.3 \pm 2.9	0.9996	0.0159	0.0482	2.00	105.5 \pm 1.9	Triflumizole	GC-NPD	0.20	96.7 \pm 6.7	0.9986	0.0274	0.0829	2.00	101.5 \pm 2.0	Chlorfenapyr	GC-NPD	0.30	99.5 \pm 2.8	0.9978	0.0384	0.1165	3.00	105.5 \pm 1.0	Kresoxim-methyl	GC-NPD	0.30	95.5 \pm 0.8	0.9983	0.0338	0.1024	3.00	102.1 \pm 1.3	Azoxystrobin	LC-MSMS	0.20	84.0 \pm 4.2	0.9991	0.0410	0.1242	2.00	90.1 \pm 3.4	Boscalid	LC-MSMS	0.20	97.2 \pm 4.1	0.9998	0.0196	0.0593	2.00	94.1 \pm 3.4	Flufenoxuron	LC-MSMS	0.20	84.3 \pm 5.4	0.9992	0.0426	0.1292	2.00	100.0 \pm 5.7	Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776	2.00	89.7 \pm 8.7	Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222	2.00	100.4 \pm 2.7																															
Endosulfan-sulfate	GC-ECD	0.10	98.2 \pm 2.4	0.9997	0.0048	0.0145																																																																																																																																																																																																																												
		1.00	92.4 \pm 0.9				EPN	GC-ECD	0.10	98.1 \pm 2.0	0.9999	0.0033	0.0101	1.00	98.4 \pm 0.7	Procymidone	GC-ECD	0.10	90.8 \pm 0.8	0.9997	0.0047	0.0144	1.00	87.1 \pm 1.6	Fluazinam	GC-ECD	0.20	96.7 \pm 5.5	0.9954	0.0241	0.0731	2.00	86.1 \pm 6.3	Indoxacarb	GC-ECD	0.20	106.0 \pm 4.2	0.9994	0.0070	0.0211	2.00	102.0 \pm 0.6	Pyridalyl	GC-ECD	0.20	101.3 \pm 4.1	0.9987	0.0105	0.0319	2.00	101.1 \pm 2.2	Cadusafos	GC-NPD	0.10	83.5 \pm 5.7	0.9995	0.0067	0.0203	1.00	85.2 \pm 2.7	Chlorpyrifos	GC-NPD	0.10	91.7 \pm 3.4	0.9995	0.0067	0.0203	1.00	95.5 \pm 3.2	Diazinon	GC-NPD	0.10	82.4 \pm 6.1	0.9998	0.0037	0.0113	1.00	86.2 \pm 3.8	Ethoprophos	GC-NPD	0.10	84.2 \pm 5.2	0.9996	0.0056	0.0171	1.00	89.9 \pm 3.9	Fenitrothion	GC-NPD	0.10	103.0 \pm 6.4	0.9997	0.0054	0.0163	1.00	109.5 \pm 2.7	Fosthiazate	GC-NPD	0.10	112.0 \pm 7.1	0.9989	0.0097	0.0294	1.00	110.8 \pm 1.7	Fludioxonil	GC-NPD	0.20	92.3 \pm 2.9	0.9996	0.0159	0.0482	2.00	105.5 \pm 1.9	Triflumizole	GC-NPD	0.20	96.7 \pm 6.7	0.9986	0.0274	0.0829	2.00	101.5 \pm 2.0	Chlorfenapyr	GC-NPD	0.30	99.5 \pm 2.8	0.9978	0.0384	0.1165	3.00	105.5 \pm 1.0	Kresoxim-methyl	GC-NPD	0.30	95.5 \pm 0.8	0.9983	0.0338	0.1024	3.00	102.1 \pm 1.3	Azoxystrobin	LC-MSMS	0.20	84.0 \pm 4.2	0.9991	0.0410	0.1242	2.00	90.1 \pm 3.4	Boscalid	LC-MSMS	0.20	97.2 \pm 4.1	0.9998	0.0196	0.0593	2.00	94.1 \pm 3.4	Flufenoxuron	LC-MSMS	0.20	84.3 \pm 5.4	0.9992	0.0426	0.1292	2.00	100.0 \pm 5.7	Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776	2.00	89.7 \pm 8.7	Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222	2.00	100.4 \pm 2.7																																								
EPN	GC-ECD	0.10	98.1 \pm 2.0	0.9999	0.0033	0.0101																																																																																																																																																																																																																												
		1.00	98.4 \pm 0.7				Procymidone	GC-ECD	0.10	90.8 \pm 0.8	0.9997	0.0047	0.0144	1.00	87.1 \pm 1.6	Fluazinam	GC-ECD	0.20	96.7 \pm 5.5	0.9954	0.0241	0.0731	2.00	86.1 \pm 6.3	Indoxacarb	GC-ECD	0.20	106.0 \pm 4.2	0.9994	0.0070	0.0211	2.00	102.0 \pm 0.6	Pyridalyl	GC-ECD	0.20	101.3 \pm 4.1	0.9987	0.0105	0.0319	2.00	101.1 \pm 2.2	Cadusafos	GC-NPD	0.10	83.5 \pm 5.7	0.9995	0.0067	0.0203	1.00	85.2 \pm 2.7	Chlorpyrifos	GC-NPD	0.10	91.7 \pm 3.4	0.9995	0.0067	0.0203	1.00	95.5 \pm 3.2	Diazinon	GC-NPD	0.10	82.4 \pm 6.1	0.9998	0.0037	0.0113	1.00	86.2 \pm 3.8	Ethoprophos	GC-NPD	0.10	84.2 \pm 5.2	0.9996	0.0056	0.0171	1.00	89.9 \pm 3.9	Fenitrothion	GC-NPD	0.10	103.0 \pm 6.4	0.9997	0.0054	0.0163	1.00	109.5 \pm 2.7	Fosthiazate	GC-NPD	0.10	112.0 \pm 7.1	0.9989	0.0097	0.0294	1.00	110.8 \pm 1.7	Fludioxonil	GC-NPD	0.20	92.3 \pm 2.9	0.9996	0.0159	0.0482	2.00	105.5 \pm 1.9	Triflumizole	GC-NPD	0.20	96.7 \pm 6.7	0.9986	0.0274	0.0829	2.00	101.5 \pm 2.0	Chlorfenapyr	GC-NPD	0.30	99.5 \pm 2.8	0.9978	0.0384	0.1165	3.00	105.5 \pm 1.0	Kresoxim-methyl	GC-NPD	0.30	95.5 \pm 0.8	0.9983	0.0338	0.1024	3.00	102.1 \pm 1.3	Azoxystrobin	LC-MSMS	0.20	84.0 \pm 4.2	0.9991	0.0410	0.1242	2.00	90.1 \pm 3.4	Boscalid	LC-MSMS	0.20	97.2 \pm 4.1	0.9998	0.0196	0.0593	2.00	94.1 \pm 3.4	Flufenoxuron	LC-MSMS	0.20	84.3 \pm 5.4	0.9992	0.0426	0.1292	2.00	100.0 \pm 5.7	Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776	2.00	89.7 \pm 8.7	Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222	2.00	100.4 \pm 2.7																																																	
Procymidone	GC-ECD	0.10	90.8 \pm 0.8	0.9997	0.0047	0.0144																																																																																																																																																																																																																												
		1.00	87.1 \pm 1.6				Fluazinam	GC-ECD	0.20	96.7 \pm 5.5	0.9954	0.0241	0.0731	2.00	86.1 \pm 6.3	Indoxacarb	GC-ECD	0.20	106.0 \pm 4.2	0.9994	0.0070	0.0211	2.00	102.0 \pm 0.6	Pyridalyl	GC-ECD	0.20	101.3 \pm 4.1	0.9987	0.0105	0.0319	2.00	101.1 \pm 2.2	Cadusafos	GC-NPD	0.10	83.5 \pm 5.7	0.9995	0.0067	0.0203	1.00	85.2 \pm 2.7	Chlorpyrifos	GC-NPD	0.10	91.7 \pm 3.4	0.9995	0.0067	0.0203	1.00	95.5 \pm 3.2	Diazinon	GC-NPD	0.10	82.4 \pm 6.1	0.9998	0.0037	0.0113	1.00	86.2 \pm 3.8	Ethoprophos	GC-NPD	0.10	84.2 \pm 5.2	0.9996	0.0056	0.0171	1.00	89.9 \pm 3.9	Fenitrothion	GC-NPD	0.10	103.0 \pm 6.4	0.9997	0.0054	0.0163	1.00	109.5 \pm 2.7	Fosthiazate	GC-NPD	0.10	112.0 \pm 7.1	0.9989	0.0097	0.0294	1.00	110.8 \pm 1.7	Fludioxonil	GC-NPD	0.20	92.3 \pm 2.9	0.9996	0.0159	0.0482	2.00	105.5 \pm 1.9	Triflumizole	GC-NPD	0.20	96.7 \pm 6.7	0.9986	0.0274	0.0829	2.00	101.5 \pm 2.0	Chlorfenapyr	GC-NPD	0.30	99.5 \pm 2.8	0.9978	0.0384	0.1165	3.00	105.5 \pm 1.0	Kresoxim-methyl	GC-NPD	0.30	95.5 \pm 0.8	0.9983	0.0338	0.1024	3.00	102.1 \pm 1.3	Azoxystrobin	LC-MSMS	0.20	84.0 \pm 4.2	0.9991	0.0410	0.1242	2.00	90.1 \pm 3.4	Boscalid	LC-MSMS	0.20	97.2 \pm 4.1	0.9998	0.0196	0.0593	2.00	94.1 \pm 3.4	Flufenoxuron	LC-MSMS	0.20	84.3 \pm 5.4	0.9992	0.0426	0.1292	2.00	100.0 \pm 5.7	Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776	2.00	89.7 \pm 8.7	Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222	2.00	100.4 \pm 2.7																																																										
Fluazinam	GC-ECD	0.20	96.7 \pm 5.5	0.9954	0.0241	0.0731																																																																																																																																																																																																																												
		2.00	86.1 \pm 6.3				Indoxacarb	GC-ECD	0.20	106.0 \pm 4.2	0.9994	0.0070	0.0211	2.00	102.0 \pm 0.6	Pyridalyl	GC-ECD	0.20	101.3 \pm 4.1	0.9987	0.0105	0.0319	2.00	101.1 \pm 2.2	Cadusafos	GC-NPD	0.10	83.5 \pm 5.7	0.9995	0.0067	0.0203	1.00	85.2 \pm 2.7	Chlorpyrifos	GC-NPD	0.10	91.7 \pm 3.4	0.9995	0.0067	0.0203	1.00	95.5 \pm 3.2	Diazinon	GC-NPD	0.10	82.4 \pm 6.1	0.9998	0.0037	0.0113	1.00	86.2 \pm 3.8	Ethoprophos	GC-NPD	0.10	84.2 \pm 5.2	0.9996	0.0056	0.0171	1.00	89.9 \pm 3.9	Fenitrothion	GC-NPD	0.10	103.0 \pm 6.4	0.9997	0.0054	0.0163	1.00	109.5 \pm 2.7	Fosthiazate	GC-NPD	0.10	112.0 \pm 7.1	0.9989	0.0097	0.0294	1.00	110.8 \pm 1.7	Fludioxonil	GC-NPD	0.20	92.3 \pm 2.9	0.9996	0.0159	0.0482	2.00	105.5 \pm 1.9	Triflumizole	GC-NPD	0.20	96.7 \pm 6.7	0.9986	0.0274	0.0829	2.00	101.5 \pm 2.0	Chlorfenapyr	GC-NPD	0.30	99.5 \pm 2.8	0.9978	0.0384	0.1165	3.00	105.5 \pm 1.0	Kresoxim-methyl	GC-NPD	0.30	95.5 \pm 0.8	0.9983	0.0338	0.1024	3.00	102.1 \pm 1.3	Azoxystrobin	LC-MSMS	0.20	84.0 \pm 4.2	0.9991	0.0410	0.1242	2.00	90.1 \pm 3.4	Boscalid	LC-MSMS	0.20	97.2 \pm 4.1	0.9998	0.0196	0.0593	2.00	94.1 \pm 3.4	Flufenoxuron	LC-MSMS	0.20	84.3 \pm 5.4	0.9992	0.0426	0.1292	2.00	100.0 \pm 5.7	Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776	2.00	89.7 \pm 8.7	Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222	2.00	100.4 \pm 2.7																																																																			
Indoxacarb	GC-ECD	0.20	106.0 \pm 4.2	0.9994	0.0070	0.0211																																																																																																																																																																																																																												
		2.00	102.0 \pm 0.6				Pyridalyl	GC-ECD	0.20	101.3 \pm 4.1	0.9987	0.0105	0.0319	2.00	101.1 \pm 2.2	Cadusafos	GC-NPD	0.10	83.5 \pm 5.7	0.9995	0.0067	0.0203	1.00	85.2 \pm 2.7	Chlorpyrifos	GC-NPD	0.10	91.7 \pm 3.4	0.9995	0.0067	0.0203	1.00	95.5 \pm 3.2	Diazinon	GC-NPD	0.10	82.4 \pm 6.1	0.9998	0.0037	0.0113	1.00	86.2 \pm 3.8	Ethoprophos	GC-NPD	0.10	84.2 \pm 5.2	0.9996	0.0056	0.0171	1.00	89.9 \pm 3.9	Fenitrothion	GC-NPD	0.10	103.0 \pm 6.4	0.9997	0.0054	0.0163	1.00	109.5 \pm 2.7	Fosthiazate	GC-NPD	0.10	112.0 \pm 7.1	0.9989	0.0097	0.0294	1.00	110.8 \pm 1.7	Fludioxonil	GC-NPD	0.20	92.3 \pm 2.9	0.9996	0.0159	0.0482	2.00	105.5 \pm 1.9	Triflumizole	GC-NPD	0.20	96.7 \pm 6.7	0.9986	0.0274	0.0829	2.00	101.5 \pm 2.0	Chlorfenapyr	GC-NPD	0.30	99.5 \pm 2.8	0.9978	0.0384	0.1165	3.00	105.5 \pm 1.0	Kresoxim-methyl	GC-NPD	0.30	95.5 \pm 0.8	0.9983	0.0338	0.1024	3.00	102.1 \pm 1.3	Azoxystrobin	LC-MSMS	0.20	84.0 \pm 4.2	0.9991	0.0410	0.1242	2.00	90.1 \pm 3.4	Boscalid	LC-MSMS	0.20	97.2 \pm 4.1	0.9998	0.0196	0.0593	2.00	94.1 \pm 3.4	Flufenoxuron	LC-MSMS	0.20	84.3 \pm 5.4	0.9992	0.0426	0.1292	2.00	100.0 \pm 5.7	Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776	2.00	89.7 \pm 8.7	Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222	2.00	100.4 \pm 2.7																																																																												
Pyridalyl	GC-ECD	0.20	101.3 \pm 4.1	0.9987	0.0105	0.0319																																																																																																																																																																																																																												
		2.00	101.1 \pm 2.2				Cadusafos	GC-NPD	0.10	83.5 \pm 5.7	0.9995	0.0067	0.0203	1.00	85.2 \pm 2.7	Chlorpyrifos	GC-NPD	0.10	91.7 \pm 3.4	0.9995	0.0067	0.0203	1.00	95.5 \pm 3.2	Diazinon	GC-NPD	0.10	82.4 \pm 6.1	0.9998	0.0037	0.0113	1.00	86.2 \pm 3.8	Ethoprophos	GC-NPD	0.10	84.2 \pm 5.2	0.9996	0.0056	0.0171	1.00	89.9 \pm 3.9	Fenitrothion	GC-NPD	0.10	103.0 \pm 6.4	0.9997	0.0054	0.0163	1.00	109.5 \pm 2.7	Fosthiazate	GC-NPD	0.10	112.0 \pm 7.1	0.9989	0.0097	0.0294	1.00	110.8 \pm 1.7	Fludioxonil	GC-NPD	0.20	92.3 \pm 2.9	0.9996	0.0159	0.0482	2.00	105.5 \pm 1.9	Triflumizole	GC-NPD	0.20	96.7 \pm 6.7	0.9986	0.0274	0.0829	2.00	101.5 \pm 2.0	Chlorfenapyr	GC-NPD	0.30	99.5 \pm 2.8	0.9978	0.0384	0.1165	3.00	105.5 \pm 1.0	Kresoxim-methyl	GC-NPD	0.30	95.5 \pm 0.8	0.9983	0.0338	0.1024	3.00	102.1 \pm 1.3	Azoxystrobin	LC-MSMS	0.20	84.0 \pm 4.2	0.9991	0.0410	0.1242	2.00	90.1 \pm 3.4	Boscalid	LC-MSMS	0.20	97.2 \pm 4.1	0.9998	0.0196	0.0593	2.00	94.1 \pm 3.4	Flufenoxuron	LC-MSMS	0.20	84.3 \pm 5.4	0.9992	0.0426	0.1292	2.00	100.0 \pm 5.7	Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776	2.00	89.7 \pm 8.7	Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222	2.00	100.4 \pm 2.7																																																																																					
Cadusafos	GC-NPD	0.10	83.5 \pm 5.7	0.9995	0.0067	0.0203																																																																																																																																																																																																																												
		1.00	85.2 \pm 2.7				Chlorpyrifos	GC-NPD	0.10	91.7 \pm 3.4	0.9995	0.0067	0.0203	1.00	95.5 \pm 3.2	Diazinon	GC-NPD	0.10	82.4 \pm 6.1	0.9998	0.0037	0.0113	1.00	86.2 \pm 3.8	Ethoprophos	GC-NPD	0.10	84.2 \pm 5.2	0.9996	0.0056	0.0171	1.00	89.9 \pm 3.9	Fenitrothion	GC-NPD	0.10	103.0 \pm 6.4	0.9997	0.0054	0.0163	1.00	109.5 \pm 2.7	Fosthiazate	GC-NPD	0.10	112.0 \pm 7.1	0.9989	0.0097	0.0294	1.00	110.8 \pm 1.7	Fludioxonil	GC-NPD	0.20	92.3 \pm 2.9	0.9996	0.0159	0.0482	2.00	105.5 \pm 1.9	Triflumizole	GC-NPD	0.20	96.7 \pm 6.7	0.9986	0.0274	0.0829	2.00	101.5 \pm 2.0	Chlorfenapyr	GC-NPD	0.30	99.5 \pm 2.8	0.9978	0.0384	0.1165	3.00	105.5 \pm 1.0	Kresoxim-methyl	GC-NPD	0.30	95.5 \pm 0.8	0.9983	0.0338	0.1024	3.00	102.1 \pm 1.3	Azoxystrobin	LC-MSMS	0.20	84.0 \pm 4.2	0.9991	0.0410	0.1242	2.00	90.1 \pm 3.4	Boscalid	LC-MSMS	0.20	97.2 \pm 4.1	0.9998	0.0196	0.0593	2.00	94.1 \pm 3.4	Flufenoxuron	LC-MSMS	0.20	84.3 \pm 5.4	0.9992	0.0426	0.1292	2.00	100.0 \pm 5.7	Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776	2.00	89.7 \pm 8.7	Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222	2.00	100.4 \pm 2.7																																																																																														
Chlorpyrifos	GC-NPD	0.10	91.7 \pm 3.4	0.9995	0.0067	0.0203																																																																																																																																																																																																																												
		1.00	95.5 \pm 3.2				Diazinon	GC-NPD	0.10	82.4 \pm 6.1	0.9998	0.0037	0.0113	1.00	86.2 \pm 3.8	Ethoprophos	GC-NPD	0.10	84.2 \pm 5.2	0.9996	0.0056	0.0171	1.00	89.9 \pm 3.9	Fenitrothion	GC-NPD	0.10	103.0 \pm 6.4	0.9997	0.0054	0.0163	1.00	109.5 \pm 2.7	Fosthiazate	GC-NPD	0.10	112.0 \pm 7.1	0.9989	0.0097	0.0294	1.00	110.8 \pm 1.7	Fludioxonil	GC-NPD	0.20	92.3 \pm 2.9	0.9996	0.0159	0.0482	2.00	105.5 \pm 1.9	Triflumizole	GC-NPD	0.20	96.7 \pm 6.7	0.9986	0.0274	0.0829	2.00	101.5 \pm 2.0	Chlorfenapyr	GC-NPD	0.30	99.5 \pm 2.8	0.9978	0.0384	0.1165	3.00	105.5 \pm 1.0	Kresoxim-methyl	GC-NPD	0.30	95.5 \pm 0.8	0.9983	0.0338	0.1024	3.00	102.1 \pm 1.3	Azoxystrobin	LC-MSMS	0.20	84.0 \pm 4.2	0.9991	0.0410	0.1242	2.00	90.1 \pm 3.4	Boscalid	LC-MSMS	0.20	97.2 \pm 4.1	0.9998	0.0196	0.0593	2.00	94.1 \pm 3.4	Flufenoxuron	LC-MSMS	0.20	84.3 \pm 5.4	0.9992	0.0426	0.1292	2.00	100.0 \pm 5.7	Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776	2.00	89.7 \pm 8.7	Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222	2.00	100.4 \pm 2.7																																																																																																							
Diazinon	GC-NPD	0.10	82.4 \pm 6.1	0.9998	0.0037	0.0113																																																																																																																																																																																																																												
		1.00	86.2 \pm 3.8				Ethoprophos	GC-NPD	0.10	84.2 \pm 5.2	0.9996	0.0056	0.0171	1.00	89.9 \pm 3.9	Fenitrothion	GC-NPD	0.10	103.0 \pm 6.4	0.9997	0.0054	0.0163	1.00	109.5 \pm 2.7	Fosthiazate	GC-NPD	0.10	112.0 \pm 7.1	0.9989	0.0097	0.0294	1.00	110.8 \pm 1.7	Fludioxonil	GC-NPD	0.20	92.3 \pm 2.9	0.9996	0.0159	0.0482	2.00	105.5 \pm 1.9	Triflumizole	GC-NPD	0.20	96.7 \pm 6.7	0.9986	0.0274	0.0829	2.00	101.5 \pm 2.0	Chlorfenapyr	GC-NPD	0.30	99.5 \pm 2.8	0.9978	0.0384	0.1165	3.00	105.5 \pm 1.0	Kresoxim-methyl	GC-NPD	0.30	95.5 \pm 0.8	0.9983	0.0338	0.1024	3.00	102.1 \pm 1.3	Azoxystrobin	LC-MSMS	0.20	84.0 \pm 4.2	0.9991	0.0410	0.1242	2.00	90.1 \pm 3.4	Boscalid	LC-MSMS	0.20	97.2 \pm 4.1	0.9998	0.0196	0.0593	2.00	94.1 \pm 3.4	Flufenoxuron	LC-MSMS	0.20	84.3 \pm 5.4	0.9992	0.0426	0.1292	2.00	100.0 \pm 5.7	Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776	2.00	89.7 \pm 8.7	Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222	2.00	100.4 \pm 2.7																																																																																																																
Ethoprophos	GC-NPD	0.10	84.2 \pm 5.2	0.9996	0.0056	0.0171																																																																																																																																																																																																																												
		1.00	89.9 \pm 3.9				Fenitrothion	GC-NPD	0.10	103.0 \pm 6.4	0.9997	0.0054	0.0163	1.00	109.5 \pm 2.7	Fosthiazate	GC-NPD	0.10	112.0 \pm 7.1	0.9989	0.0097	0.0294	1.00	110.8 \pm 1.7	Fludioxonil	GC-NPD	0.20	92.3 \pm 2.9	0.9996	0.0159	0.0482	2.00	105.5 \pm 1.9	Triflumizole	GC-NPD	0.20	96.7 \pm 6.7	0.9986	0.0274	0.0829	2.00	101.5 \pm 2.0	Chlorfenapyr	GC-NPD	0.30	99.5 \pm 2.8	0.9978	0.0384	0.1165	3.00	105.5 \pm 1.0	Kresoxim-methyl	GC-NPD	0.30	95.5 \pm 0.8	0.9983	0.0338	0.1024	3.00	102.1 \pm 1.3	Azoxystrobin	LC-MSMS	0.20	84.0 \pm 4.2	0.9991	0.0410	0.1242	2.00	90.1 \pm 3.4	Boscalid	LC-MSMS	0.20	97.2 \pm 4.1	0.9998	0.0196	0.0593	2.00	94.1 \pm 3.4	Flufenoxuron	LC-MSMS	0.20	84.3 \pm 5.4	0.9992	0.0426	0.1292	2.00	100.0 \pm 5.7	Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776	2.00	89.7 \pm 8.7	Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222	2.00	100.4 \pm 2.7																																																																																																																									
Fenitrothion	GC-NPD	0.10	103.0 \pm 6.4	0.9997	0.0054	0.0163																																																																																																																																																																																																																												
		1.00	109.5 \pm 2.7				Fosthiazate	GC-NPD	0.10	112.0 \pm 7.1	0.9989	0.0097	0.0294	1.00	110.8 \pm 1.7	Fludioxonil	GC-NPD	0.20	92.3 \pm 2.9	0.9996	0.0159	0.0482	2.00	105.5 \pm 1.9	Triflumizole	GC-NPD	0.20	96.7 \pm 6.7	0.9986	0.0274	0.0829	2.00	101.5 \pm 2.0	Chlorfenapyr	GC-NPD	0.30	99.5 \pm 2.8	0.9978	0.0384	0.1165	3.00	105.5 \pm 1.0	Kresoxim-methyl	GC-NPD	0.30	95.5 \pm 0.8	0.9983	0.0338	0.1024	3.00	102.1 \pm 1.3	Azoxystrobin	LC-MSMS	0.20	84.0 \pm 4.2	0.9991	0.0410	0.1242	2.00	90.1 \pm 3.4	Boscalid	LC-MSMS	0.20	97.2 \pm 4.1	0.9998	0.0196	0.0593	2.00	94.1 \pm 3.4	Flufenoxuron	LC-MSMS	0.20	84.3 \pm 5.4	0.9992	0.0426	0.1292	2.00	100.0 \pm 5.7	Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776	2.00	89.7 \pm 8.7	Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222	2.00	100.4 \pm 2.7																																																																																																																																		
Fosthiazate	GC-NPD	0.10	112.0 \pm 7.1	0.9989	0.0097	0.0294																																																																																																																																																																																																																												
		1.00	110.8 \pm 1.7				Fludioxonil	GC-NPD	0.20	92.3 \pm 2.9	0.9996	0.0159	0.0482	2.00	105.5 \pm 1.9	Triflumizole	GC-NPD	0.20	96.7 \pm 6.7	0.9986	0.0274	0.0829	2.00	101.5 \pm 2.0	Chlorfenapyr	GC-NPD	0.30	99.5 \pm 2.8	0.9978	0.0384	0.1165	3.00	105.5 \pm 1.0	Kresoxim-methyl	GC-NPD	0.30	95.5 \pm 0.8	0.9983	0.0338	0.1024	3.00	102.1 \pm 1.3	Azoxystrobin	LC-MSMS	0.20	84.0 \pm 4.2	0.9991	0.0410	0.1242	2.00	90.1 \pm 3.4	Boscalid	LC-MSMS	0.20	97.2 \pm 4.1	0.9998	0.0196	0.0593	2.00	94.1 \pm 3.4	Flufenoxuron	LC-MSMS	0.20	84.3 \pm 5.4	0.9992	0.0426	0.1292	2.00	100.0 \pm 5.7	Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776	2.00	89.7 \pm 8.7	Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222	2.00	100.4 \pm 2.7																																																																																																																																											
Fludioxonil	GC-NPD	0.20	92.3 \pm 2.9	0.9996	0.0159	0.0482																																																																																																																																																																																																																												
		2.00	105.5 \pm 1.9				Triflumizole	GC-NPD	0.20	96.7 \pm 6.7	0.9986	0.0274	0.0829	2.00	101.5 \pm 2.0	Chlorfenapyr	GC-NPD	0.30	99.5 \pm 2.8	0.9978	0.0384	0.1165	3.00	105.5 \pm 1.0	Kresoxim-methyl	GC-NPD	0.30	95.5 \pm 0.8	0.9983	0.0338	0.1024	3.00	102.1 \pm 1.3	Azoxystrobin	LC-MSMS	0.20	84.0 \pm 4.2	0.9991	0.0410	0.1242	2.00	90.1 \pm 3.4	Boscalid	LC-MSMS	0.20	97.2 \pm 4.1	0.9998	0.0196	0.0593	2.00	94.1 \pm 3.4	Flufenoxuron	LC-MSMS	0.20	84.3 \pm 5.4	0.9992	0.0426	0.1292	2.00	100.0 \pm 5.7	Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776	2.00	89.7 \pm 8.7	Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222	2.00	100.4 \pm 2.7																																																																																																																																																				
Triflumizole	GC-NPD	0.20	96.7 \pm 6.7	0.9986	0.0274	0.0829																																																																																																																																																																																																																												
		2.00	101.5 \pm 2.0				Chlorfenapyr	GC-NPD	0.30	99.5 \pm 2.8	0.9978	0.0384	0.1165	3.00	105.5 \pm 1.0	Kresoxim-methyl	GC-NPD	0.30	95.5 \pm 0.8	0.9983	0.0338	0.1024	3.00	102.1 \pm 1.3	Azoxystrobin	LC-MSMS	0.20	84.0 \pm 4.2	0.9991	0.0410	0.1242	2.00	90.1 \pm 3.4	Boscalid	LC-MSMS	0.20	97.2 \pm 4.1	0.9998	0.0196	0.0593	2.00	94.1 \pm 3.4	Flufenoxuron	LC-MSMS	0.20	84.3 \pm 5.4	0.9992	0.0426	0.1292	2.00	100.0 \pm 5.7	Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776	2.00	89.7 \pm 8.7	Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222	2.00	100.4 \pm 2.7																																																																																																																																																													
Chlorfenapyr	GC-NPD	0.30	99.5 \pm 2.8	0.9978	0.0384	0.1165																																																																																																																																																																																																																												
		3.00	105.5 \pm 1.0				Kresoxim-methyl	GC-NPD	0.30	95.5 \pm 0.8	0.9983	0.0338	0.1024	3.00	102.1 \pm 1.3	Azoxystrobin	LC-MSMS	0.20	84.0 \pm 4.2	0.9991	0.0410	0.1242	2.00	90.1 \pm 3.4	Boscalid	LC-MSMS	0.20	97.2 \pm 4.1	0.9998	0.0196	0.0593	2.00	94.1 \pm 3.4	Flufenoxuron	LC-MSMS	0.20	84.3 \pm 5.4	0.9992	0.0426	0.1292	2.00	100.0 \pm 5.7	Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776	2.00	89.7 \pm 8.7	Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222	2.00	100.4 \pm 2.7																																																																																																																																																																						
Kresoxim-methyl	GC-NPD	0.30	95.5 \pm 0.8	0.9983	0.0338	0.1024																																																																																																																																																																																																																												
		3.00	102.1 \pm 1.3				Azoxystrobin	LC-MSMS	0.20	84.0 \pm 4.2	0.9991	0.0410	0.1242	2.00	90.1 \pm 3.4	Boscalid	LC-MSMS	0.20	97.2 \pm 4.1	0.9998	0.0196	0.0593	2.00	94.1 \pm 3.4	Flufenoxuron	LC-MSMS	0.20	84.3 \pm 5.4	0.9992	0.0426	0.1292	2.00	100.0 \pm 5.7	Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776	2.00	89.7 \pm 8.7	Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222	2.00	100.4 \pm 2.7																																																																																																																																																																															
Azoxystrobin	LC-MSMS	0.20	84.0 \pm 4.2	0.9991	0.0410	0.1242																																																																																																																																																																																																																												
		2.00	90.1 \pm 3.4				Boscalid	LC-MSMS	0.20	97.2 \pm 4.1	0.9998	0.0196	0.0593	2.00	94.1 \pm 3.4	Flufenoxuron	LC-MSMS	0.20	84.3 \pm 5.4	0.9992	0.0426	0.1292	2.00	100.0 \pm 5.7	Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776	2.00	89.7 \pm 8.7	Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222	2.00	100.4 \pm 2.7																																																																																																																																																																																								
Boscalid	LC-MSMS	0.20	97.2 \pm 4.1	0.9998	0.0196	0.0593																																																																																																																																																																																																																												
		2.00	94.1 \pm 3.4				Flufenoxuron	LC-MSMS	0.20	84.3 \pm 5.4	0.9992	0.0426	0.1292	2.00	100.0 \pm 5.7	Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776	2.00	89.7 \pm 8.7	Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222	2.00	100.4 \pm 2.7																																																																																																																																																																																																	
Flufenoxuron	LC-MSMS	0.20	84.3 \pm 5.4	0.9992	0.0426	0.1292																																																																																																																																																																																																																												
		2.00	100.0 \pm 5.7				Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776	2.00	89.7 \pm 8.7	Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222	2.00	100.4 \pm 2.7																																																																																																																																																																																																										
Fluquinconazole	LC-MSMS	0.20	94.1 \pm 4.8	0.9997	0.0256	0.0776																																																																																																																																																																																																																												
		2.00	89.7 \pm 8.7				Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222	2.00	100.4 \pm 2.7																																																																																																																																																																																																																			
Lufenuron	LC-MSMS	0.20	93.8 \pm 3.5	0.9967	0.0403	0.1222																																																																																																																																																																																																																												
		2.00	100.4 \pm 2.7																																																																																																																																																																																																																															

Table 5. continued

Pesticide	Detection Type	Fortification level (mg/kg)	Recovery ± RSD (%) (n=3)	Correlation coefficient (r ²)	LOD (mg/kg) (n=5)	LOQ (mg/kg) (n=5)
Methabenzthiazuron	LC-MSMS	0.20	100.7 ± 3.1	0.9999	0.0154	0.0465
		2.00	94.3 ± 3.6			
Methoxyfenozide	LC-MSMS	0.20	106.5 ± 4.0	0.9999	0.0166	0.0502
		2.00	103.8 ± 3.7			
Pyraclostrobin	LC-MSMS	0.20	96.2 ± 8.1	0.9994	0.0373	0.1131
		2.00	97.1 ± 7.4			
Pyriproxyfen	LC-MSMS	0.20	87.0 ± 2.8	1.0000	0.0094	0.0286
		2.00	87.5 ± 3.4			
Trifloxystrobin	LC-MSMS	0.20	98.3 ± 5.7	0.9992	0.0382	0.1158
		2.00	96.5 ± 3.8			

도록 첨가한 뒤 3회 반복 시험하여 측정하였다. 검출한계 (limit of detection, LOD)와 정량한계(limit of quantification, LOQ)는 ICH (International Conference on Harmonization)에서 제시하는 회귀직선을 통하여 기울기와 잔차의 표준편차로부터 구하였다. 각 농도별 표준용액(5개)을 사용하여 아래의 식으로부터 측정하였다.

$$LOD = 3.3\sigma / S$$

$$LOQ = 10\sigma / S$$

σ = The standard deviation of response

S = The slope of the calibration curve

위해성 평가

농산물의 위해성 평가는 농산물 중 잔류기준을 초과한 농약의 평균잔류량과 일일 식품섭취량으로부터 1인 일일 섭취 추정량(EDI, Estimated Daily Intake)를 구하고, 이를 1인 일일 섭취허용량(ADI, Acceptable Daily Intake)로 나누어 100를 곱하여 위해도(Hazard Index, %ADI)를 산출하였다(Chun et al., 2003). 한국인 성인 평균체중은 55 kg을 적용하였고(KRISS, 2010), 농약별 ADI (Acceptable Daily Intake)는 식품의약품안전처의 잔류농약데이터베이스 자료를 활용하였으며, 일일식품섭취량은 질병관리본부국민영양조사(2015)를 사용하였다.

결과 및 고찰

회수율, 검출한계 및 정량한계

전체적인 회수율은 80% 이상이었으며 상대표준편차(RSD (%))는 9% 미만이었다. 검출한계는 GC-ECD 항목의 경우 0.0033~0.0241 mg/kg, GC-NPD 항목의 경우 0.0037~0.0384 mg/kg, LC-MS/MS 항목의 경우 0.0094~0.0426 mg/kg 수준이었다(Table 5).

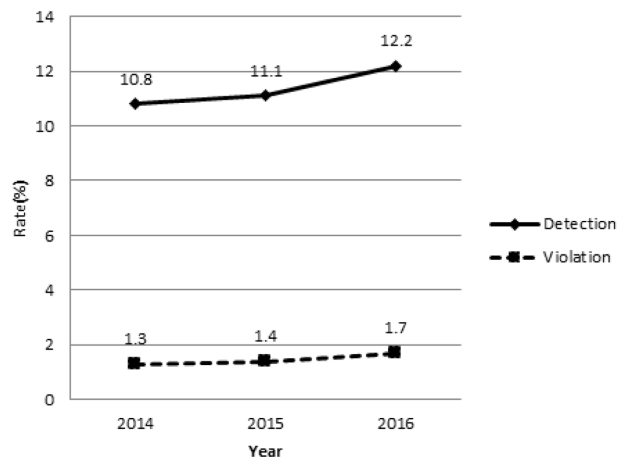


Fig. 1. Detection and violation rate of agricultural products from 2014 to 2016.

농산물별 잔류농약 부적합 및 검출현황

최근 3년간 광주지역 농산물도매시장에 반입된 농산물의 잔류농약 실태조사 결과 잔류허용기준을 초과한 농산물은 2014년에는 14품목 27건(엽채류 24건(89%), 엽경채류 3건(11%)), 2015년에는 16품목 32건(엽채류 27건(84%), 엽경채류 5건(16%)), 2016년에는 20품목 37건(엽채류 32건(86.5%), 엽경채류 4건(11%), 콩류 1건(2.7%))으로 3년 내내 부적합 농산물 중에서 엽채류가 84% 이상을 차지하였고. 과채류, 근채류 등에서 잔류허용기준을 초과한 농산물은 없었다(Table 6). 부적합이 많은 품목은 시금치, 썩갯, 취나물, 썩추, 고춧잎, 당귀잎, 들깻잎 등이었다. 이는 취나물, 썩갯, 들깻잎, 상추, 시금치, 부추, 고춧잎의 부적합 횟수가 많다고 보고한 2010년부터 2012년까지 인천광역시 유통농산물 잔류농약실태조사와는 몇몇 품목을 제외하고는 비슷한 양상을 보였다(Kim et al., 2013). 연도별 검출률, 부적합률 추이를 보면 부적합률은 1.3%, 1.4%, 1.7%로 소폭 증가하였고, 검출률 역시 10.8%, 11.1%, 12.2%로 소폭 증가하였다(Fig. 1). 이러한 결과는 2006년부터 2008년 부산지역 도매시장 경매

Table 6. List of violated agricultural products by year

Group	2014		2015		2016	
	Commodity	No of violation	Commodity	No of violation	Commodity	No of violation
Leafy vegetables	Spinach	5	Spinach	6	Perilla leaf	4
	Dong guai leaf	4	Pepper leaf	5	Spinach	4
	Crown daisy	3	Ssamchu	3	Crown daisy	4
	Chamnamul	3	Crown daisy	2	Ssamchu	3
	Lettuce	2	Chwinamul	2	Marsh mallow	3
	Pepper leaf	1	Perilla leaf	1	Chwinamul	3
	Shepherd's purse	1	Shepherd's purse	1	Dong guai leaf	2
	Butterbur leaf	1	Butterbur leaf	1	Young radish	2
	Ssamchu	1	Lettuce	1	Pepper leaves	1
	Marsh mallow	1	Marsh mallow	1	Beach silvertop	1
	Rape	1	Rape	1	Amaranth	1
	Chwinamul	1	Chamnamul	1	Chamnamul	1
			Chinese vegetable	1	Chinese vegetable	1
			Chicory	1	Lettuce	1
				Chicory	1	
Subtotal		24		27		32
Stalk and stem vegetables	Chinese chives	2	Chinese chives	3	Sweet potato stalk	1
	Sweet potato stalk	1	Water dropwort	2	Welsh onion	1
					Water dropwort	1
					Chinese chives	1
Subtotal		3		5		4
Beans					Kidney bean	1
Total		27		32		37

전 농산물의 잔류농약 실태조사 결과 검출률 16.1%, 부적합률 3.2%로 보고한 결과 보다는 낮았고(Kwon et al., 2010), Lee 등이 보고한 2015년 서울 가락농수산물도매시장 반입 경매농산물 잔류농약 조사결과와 부적합률(1.2%)은 비슷하였지만, 검출률(30.8%)과는 많은 차이를 보였다(Lee et al., 2015). 이렇게 검출률의 차이를 보인 이유는 본 연구에서는 농약 검출률이 높은 엽채류 검사비율이 50~60%로서 위 조사의 97%에 비해 상대적으로 낮았기 때문으로 풀이된다.

잔류농약이 검출된 732건의 농산물 중에서, 엽채류 검사 3503건 중에서 검출 484건(13.8%), 부적합 83건(2.4%), 엽경채류 검사 989건 중에서 검출 91건(9.2%), 부적합 12건(1.2%), 과채류 검사 1009건 중에서 검출 98건(9.7%), 과일류 392건 검사 중에서 검출 45건(11.5%) 이외 기타류 검사 552건 중에서 검출 14건(2.5%), 부적합 1건(0.2%)로 나타났다(Table 7). 검출률은 엽채류, 엽경채류, 과채류, 과일류에서 차이가 크지 않았으나 부적합률은 엽채류와 엽경채류에서 높게 나타났다. 검출률과 부적합률이 모두 높은 품목은 당귀잎(50.0%/33.3%), 고춧잎(42.3%/26.9%), 썬추(27.3%/21.2%), 비름나물(25.0%/25.0%) 등이었다. 특히 당귀잎은 잔류허용기준이 설정된 농약이 없어서 검출된 농약이 엽채

류 최저기준을 적용받게 되어 부적합이 많아진 원인으로 생각된다. 또한 고춧잎은 35종 농약의 잔류허용기준이 설정되어 있지만 이번 연구에서 검출된 농약은 모두 기준이 설정되어 있지 않은 농약이 검출되어 역시 엽채류 최저기준이 적용되었다. 앞으로 당귀잎에 대한 농약잔류허용기준이 설정되어야 할 것으로 보이며 고춧잎의 경우 잔류허용기준이 설정된 농약을 사용하는 등 농약안전사용지침이 철저히 지켜져야 할 것으로 생각된다. 당귀잎에서는 부적합 6건 중에서 2가지 성분의 농약이 동시에 부적합으로 판정된 경우가 3건이었다. 고춧잎과 썬추는 부적합 7건 중 각각 1건에서 2가지 성분이 동시에 허용기준을 초과한 것으로 나타났다. 특히 고구마줄기에서는 부적합 2건 중 1건에서 3가지 성분이 동시에 허용기준을 초과하였다. 썬추의 경우 7건의 부적합 중에서 Diniconazole 농약성분이 6건이나 잔류허용기준을 초과하였다. Diniconazole은 트리아졸계로서 살균제인 동시에 성장조정제로 식물체내의 생장촉진 호르몬인 지베렐린 생합성을 억제하는 작용을 하여 작물의 생장을 억제하는 효과를 나타낸다(Choi et al., 2011). 썬채소의 특성상 크기가 적당해야 상품성이 높기 때문에 살균목적과 더불어 사용하는 것으로 생각된다. 그 밖에 20%를 넘는 검출률을 보인

Table 7. Number of agricultural products detected and violated

Group	Commodity	No of samples	No of detection (%)	No of violation (%)	No of 2 pesticides violation	No of 3 pesticides violation
Leafy vegetables	Dong guai leaf	18	9 (50.0)	6 (33.3)	3	
	Pepper leaf	26	11 (42.3)	7 (26.9)	1	
	Chwinamul	153	53 (34.6)	6 (3.9)		
	Ssamchu	33	9 (27.3)	7 (21.2)	1	
	Chamnamul	82	21 (25.6)	5 (6.1)		
	Amaranth	4	1 (25.0)	1 (25.0)		
	Perilla leaf	317	72 (22.7)	5 (1.6)		
	Young radish	254	55 (21.7)	2 (0.8)		
	Spinach	310	67 (21.6)	15 (4.8)		
	Butterbur	97	14 (14.4)	2 (2.1)		
	Mustard leaf	71	10 (14.1)	-		
	Korean Cabbage	15	2 (13.3)	-		
	Crown daisy	250	33 (13.2)	9 (3.6)		
	Ssam cabbage	531	61 (11.5)	-		
	Lettuce (head)	37	4 (10.8)	-		
	Marsh mallow	102	11 (10.8)	5 (4.9)		
	Foremost mugwort	23	2 (8.7)	-		
	Beach silvertop	26	2 (7.7)	1 (3.8)		
	Chinese vegetable	64	4 (6.3)	2 (3.1)		
	Lettuce	391	22 (5.6)	4 (1.0)		
	Shepherd's purse	89	5 (5.6)	2 (2.2)		
	Rape	38	2 (5.3)	2 (5.3)		
	Chicory	141	6 (4.3)	2 (1.4)		
	Buckwheat	60	1 (1.7)	-		
	Salt sandspurry	127	2 (1.6)	-		
	Sonchus-leaf	20	-	-		
	Broccoli	77	-	-		
	Head Cabbage	14	-	-		
Others	133	5 (3.8)	-			
Sub total		3503	484	83		
Stalk and stem vegetables	Sedum	13	3 (23.1)	-		
	Welsh onion	52	10 (19.2)	1 (1.9)		
	Chinese chives	415	58 (14.0)	6 (1.4)		
	Wild garlic	52	5 (9.6)	-		
	Sweet potato stalk	183	9 (4.9)	2 (1.1)		1
	Water dropwort	186	3 (1.6)	3 (1.6)		
	Bracken	15	-	-		
	Bud of aralia elater	25	-	-		
	Kohlrabi	19	-	-		
	Others	29	3 (10.3)	-		
Sub total		989	91	12		

Table 7. continued

Group	Commodity	No of samples	No of detection (%)	No of violation (%)	No of 2 pesticides violation	No of 3 pesticides violation
Fruiting vegetables	Pepper	202	38 (18.8)	-		
	Paprika (+Piment)	113	19 (16.8)	-		
	Cucumber	244	31 (12.7)	-		
	Tomato	45	2 (4.4)	-		
	Eggplant	94	2 (2.1)	-		
	Squash	287	5 (1.7)	-		
	Others	24	1 (4.2)	-		
	Sub total		1009	98	-	
Root and tuber vegetables		188	9 (4.8)	-		
Fruits		392	45 (11.5)	-		
Mushrooms		188	2 (1.1)	-		
Cereal grains		16	-	-		
Beans		49	2 (4.1)	1 (2.0)		
Potatoes		111	1 (0.9)	-		
Total		6445	732	96		

농산물은 취나물(34.6%), 참나물(25.6%), 들깻잎(22.7%), 열무(21.7%), 시금치(21.6%)였으나 부적합률은 모두 6.1% 이내로 나타났다. 파, 머위, 부추, 쪽갓, 아욱은 10~20%의 검출률을 보였으나, 부적합률은 5% 이내로 나타났다. 국민 다소비 쌈채소인 상추는 검출률은 5.6%, 부적합률은 1.0%로서 다른 채소류에 비해 낮았다.

농약성분별 부적합 현황

2014년부터 2016년까지 광주지역 농수산물도매시장 반입 농산물의 부적합 농약을 Table 8에 나타내었다. 2014년에는 Procymidone이 6건으로 가장 많이 검출되었고, Acrinathrin 4건, Azoxystrobin 3건, Chlorothalonil 3건 순이었다. 2015년에는 Chlorpyrifos, Diniconazole, Fludioxonil이 각각 4건으로 많이 검출되었다. 2016년에는 Diazinon이 7건으로 가장 많았다. 분석대상 농약 120종중에서 총 42종의 농약이 868회 검출되었으며, 검출빈도가 가장 높은 농약성분은 Azoxystrobin이 186회(21.4%)이었으며, 그 다음으로 Dimethomorph 112회(12.9%), Boscalid 65회(7.5%), Procymidone 62회(7.1%), Flufenoxuron 42회(4.8%), Pyraclostrobin 38회(4.4%), Fluquinconazole 37회(4.3%) 등의 순으로 나타났다 (Table 9). 검출빈도가 높은 농약들은 조사기간 3년간 매년 비슷한 양상으로 검출되었다. 검출된 농약중에서 살균제는 총 654회(75.3%), 살충제는 총 211회(24.3%), 제초제는 총 3회(0.4%)로 검출되었다. 살균제의 검출건수가 살충제에 비해 3배 이상 높았으나, 부적합 건수는 살충제가 약간 높았다. Chlorpyrifos, Diazinon, Endosulfan 등 살충제는 엽채류에서 잔류허용기준이 0.2 mg/kg 이하로 기준이 매우 낮아

검출될 경우 부적합이 많은 것으로 생각된다. 반면 Azoxystrobin, Boscalid, Dimethomorph 등 살균제는 잔류허용기준이 20 mg/kg 등으로 기준이 높은 농산물이 많아 검출건수는 많았으나 부적합건수는 상대적으로 적었다. 최근 서울지역 잔류농약 실태조사에서는 가장 검출빈도가 높은 농약 중 하나로 Procymidone을 보고하였다(Seung et al., 2010, Han et al., 2012, Kim et al., 2014) 그러나 본 연구에서는 검출률이 다른 농약에 비해 낮아 차이를 보였고, 2014년 31회 검출, 2015년 16회 검출, 2016년 15회 검출로 감소하는 경향을 보였다. 이번 연구에서 가장 많이 검출된 Azoxystrobin은 Lee 등의 서울 강남지역 농약 잔류실태조사에서도 많이 검출되는 농약 중 하나로 보고하여 유사한 결과를 보여주었다(Lee et al., 2015). Azoxystrobin 다음으로 많이 검출된 Dimethomorph와 Boscalid는 다른 서울지역 실태조사에서는 검출률이 다소 낮아 본 연구와는 차이를 보였다.

한편 잔류허용기준을 초과한 농약은 총 29종으로 Diazinon이 10회(9.7%)로 가장 많았고, Chlorpyrifos, Diniconazole, Procymidone이 각각 8회(7.8%), Lufenuron이 7회(6.8%), Acrinathrin, Azoxystrobin, Boscalid, Chlorothalonil, Fludioxonil 이 각각 6회(5.8%), Ethoprophos 5회, Indoxacarb 4회, Endosulfan, Praclostrobin 3회, Flufenoxuron, Fosthiazate 2회, Cadusafos, Chlorfenapyr, EPN, Fenitrothion, Methoxyfenozide, pridaly, Pyriproxifen, Fluazinam, Fluquinconazole, Kresoxim-methyl, Trifloxystrobin, Triflumizole, Methabenzthiazuron이 각각 1회로 총 103회였다. 이중에서 85%에 해당하는 88건이 농약잔류허용기준이 설정되어 있지 않은 농산물에서 검출되었다. 연도별로는 2014년 기준초과 30건 중

Table 8. List of violated pesticides by year

2014		2015		2016	
Pesticides (19)	No of violation (30)	Pesticides (19)	No of violation (32)	Pesticides (21)	No of violation (41)
Procymidone	6	Chlorpyrifos	4	Diazinon	7
Acrinathrin	4	Diniconazole	4	Azoxystrobin	3
Azoxystrobin	3	Fludioxonil	4	Boscalid	3
Chlorothalonil	3	Pyraclostrobin	3	Chlorpyrifos	3
Diazinon	2	Acrinathrin	2	Diniconazole	3
Lufenuron	2	Boscalid	2	Ethoprophos	3
Boscalid	1	Chlorothalonil	2	Indoxacarb	3
Chlorfenapyr	1	Ethoprophos	2	Lufenuron	3
Chlorpyrifos	1	Lufenuron	2	Fludioxonil	2
Diniconazole	1	Diazinon	1	Flufenoxuron	2
Endosulfan	1	Endosulfan	1	Fosthiazate	2
Fluazinam	1	EPN	1	Cadusafos	1
Methabenzthiazuron	1	Indoxacarb	1	Chlorothalonil	1
Methoxyfenozide	1	Procymidone	1	Endosulfan	1
Trifloxystrobin	1	Pyridalyl	1	Fluquinconazole	1
Fenitrothion	1	Pyriproxyfen	1	Procymidone	1
				Triflumizole	1
				Kresoxim-methyl	1

26건(87%), 2015년 기준초과 32건 중 24건(75%), 2016년 기준초과 41건 중 38건(93%)으로 나타났다. 이와 같이 농약잔류허용기준이 정해져 있지 않는 농약사용에 의한 기준초과된 경우가 전체 기준초과율의 대부분을 차지하였다. 해당농산물에 잔류허용기준이 설정되지 않은 농약을 사용할 경우 유사농산물의 최저기준을 적용하게 되어 부적합 판정을 받을 가능성이 높아진다. 더군다나 2018년 12월 31일부터는 PLS제도가 모든 농산물에 적용되어 잔류허용기준이 없는 농산물에 대해서 일률적으로 0.01 mg/kg을 적용하게 되므로 부적합 농산물이 발생할 가능성이 더욱 높아진다. 농약을 적용대상 농산물에만 사용토록 하는 등 농민들의 농약안전사용지침 준수에 대한 지도가 더욱 강화되어할 것으로 판단된다.

Dimethomorph는 Azoxystrobin에 이어 검출률이 두 번째로 높았으나 잔류허용기준을 초과한 농산물은 없었다. Dimethomorph의 잔류허용기준은 엽채류 기준이 5~30 mg/kg으로 다른 농약에 비해 높은 편이다. Diazinon, Chlorpyrifos, Procymidone, Chlorothalonil 등은 다른 보고에서도 높은 부적합률을 보였다. 특히 Endosulfan은 다른 연구에서는 2012년 까지는 검출빈도가 높은 농약중 하나로 보고하였다(Kwon et al., 2010, Kim et al., 2013, Seung et al., 2010). 이번 2014년~2016년 광주지역 조사에서는 검출은 4건으로 높지 않았으나 매년 1건씩 총 3건이 잔류허용기준을 초과하였다. Endosulfan은 반감기가 긴 유기염소계 살충제 농약으로서 척추동물과 특히 어류에 독성이 강하며 고등생물에 독

성이 매우 높아 미국 환경보호청(EPA)은 2010년 6월부터 사용을 전면 금지하였으며(Lee et al., 2011), 2011년 제 5차 잔류성유기오염물질에 관한 스톡홀름협약 당사국총회에서 엔도설판과 그 이성체가 취급금지물질로 등재됨에 따라 국내에서도 잔류성유기오염물질 관리법 시행령이 개정되어 2015년 3월부터 제조, 수출입, 사용이 전면 금지되었으나 여전히 전국적인 모니터링 결과에서 검출되고 있다. 그러나 점차 검출률 및 부적합률이 줄어들고 있는 것으로 생각된다.

잔류농약이 검출된 732건의 농산물 중에서 1성분 농약의 검출이 613건(83.7%)이었고, 2성분 검출이 104건(14.2%), 3성분 검출이 13건(1.8%)이었고, 4성분 농약이 검출된 경우도 2건(0.3%)으로 나타났다. 개별 농산물별 2성분 이상 검출 농산물 119건 중에서 시금치가 19건(16.0%)로 가장 많았고, 그 다음으로 취나물 12건(10.1%), 들깻잎 9건(7.6%), 부추 9건(7.6%), 고추 8건(6.7%) 순이었다. 2성분 이상이 동시에 검출된 농약 중에서 가장 많이 포함된 농약은 Azoxystrobin이 50회로 가장 많았고, Dimethomorph와 Pyraclostrobin이 17회, Diazinon이 13회, Boscalid와 Fluquinconazole이 12회순으로 많았다. 농산물에서 2종 이상의 농약이 검출되는 주된 이유는 2종 또는 그 이상의 병원균 또는 해충을 동시에 방제하기 위해 완제품으로 판매되는 혼합살균제나 혼합살충제 등을 사용하거나 또는 병해와 충해를 동시에 방제하기 위해서 농가에서 살균제와 살충제를 혼합하여 사용함에 기인하는 것으로 판단된다.

Table 9. Pesticides detected in agricultural products and their MRLs

Classification	Pesticide	No of samples detected	No of samples violated	Detection range (mg/kg)	MRLs (mg/kg)
Insecticide	Acrinathrin	8	6	0.3-0.9	0.1-1.0
	Carbaryl	1	0	0.0	0.5
	Cadusafos	1	1	2.4	0.2
	Carbofuran	10	0	0.03-0.1	0.05-0.5
	Chlorfenapyr	5	1	0.3-1.4	2.0-5.0
	Chlorpyrifos	11	8	0.05-2.4	0.01-0.2
	Diazinon	19	10	0.01-3.14	0.05-0.1
	Dimethoate	1	0	0.1	1.0
	Endosulfan	4	3	0.1-4.8	0.1
	EPN	1	1	1.92	0.05
	Ethoprophos	5	5	0.38-1.75	0.02
	Fenitrothion	3	1	0.04-1.5	0.2-0.5
	Flonicamid	1	0	0.8	1.0
	Flufenoxuron	42	2	0.03-2.0	0.05-10.0
	Fosthiazate	3	2	0.1-1.66	0.05-0.5
	Indoxacarb	23	4	0.7-11.0	3.0-20.0
	Lufenuron	28	7	0.03-3.8	0.2-3.0
	Methoxyfenozide	13	1	0.01-0.5	0.05-30.0
	Pyridalyl	3	1	3.1-6.0	0.05-20.0
	Pyriproxfen	15	1	0.02-0.7	0.2-0.7
Tebufenozide	10	0	0.1-0.4	1.0	
Teflubenzuron	4	0	0.02-0.8	0.05-1.0	
Subtotal	22	211	54		
Fungicide	Azoxystrobin	186	6	0.01-9.5	0.5-20.0
	Boscalid	65	6	0.04-7.99	0.05-20.0
	Chlorothalonil	26	6	0.1-22.1	0.5-40.0
	Cyazofamid	27	0	0.03-2.0	0.5-15.0
	Dimethomorph	112	0	0.01-20.0	0.02-20.0
	Diniconazole	13	8	0.1-6.6	0.3
	Ethaboxam	24	0	0.02-0.1	0.1-2.0
	Fluazinam	1	1	0.3	0.05
	Fludioxonil	9	6	1.0-6.8	0.05-30.0
	Fluquinconazole	37	1	0.01-1.25	0.05-3.0
	Imazalil	1	0	2.6	5.0
	Kresoxim-methyl	1	1	4.0	0.1
	Mepanipyrim	3	0	0.3-0.4	1.0
	Procymidone	62	8	0.1-24.8	0.05-5.0
	Pyraclostrobin	38	3	0.02-10.0	0.1-10.0
	Pyrimethanil	15	0	0.01-1.3	2.0-5.0
	Tricyclazole	10	0	0.01-0.4	0.05-3.0
	Trifloxystrobin	22	1	0.02-1.3	0.5-2.0
Triflumizole	2	1	1.0-9.3	2.0	
Subtotal	19	654	48		
Herbicide	Methabenzthiazuron	3	1	0.01-2.13	0.05
Total	42	868	103		

잔류농약 위해성 평가

농산물 23품목 96건의 농산물에서 잔류허용기준을 초과한 농약 29종에 대하여 위해성 평가를 실시하였다(Table

10). 검출농약이 잔류하는 해당농산물의 섭취로 인해 인체에 유입될 1일 추정섭취량을 1일 섭취허용량과 비교하여 위해도(Hazard Index, %ADI)를 구하였다. 검출농약의 %ADI

Table 10. Risk assessment of pesticides violated in agricultural products

Commodity (No)	Pesticide (No)	Average Concentration (mg/kg)	Daily food intake (g)	MRL (mg/kg)	EDI ^{a)} (mg/man/day)	ADI ^{b)} (mg/man/day)	Hazard Index ^{c)}
Spinach (15)	Fludioxonil (1)	1.0	6.0	0.05	0.006	22.0	0.02727
	Flufenoxuron (2)	1.1	6.0	0.5	0.0066	0.55	1.20000
	Indoxacarb (2)	5.4	6.0	3.0	0.0324	0.55	5.89091
	Chlorothalonil (3)	11.6	6.0	5.0	0.0696	1.1	6.32727
	Lufenuron (3)	1.7	6.0	0.2	0.0102	0.77	1.32468
	Chlorpyrifos (4)	0.4	6.0	0.01	0.0024	0.55	0.43636
Dong guai leaf (6)	Chlorfenapyr (1)	1.8	0.001	0.5	0.000018	1.43	0.00013
	Fenitrothion (1)	1.5	0.001	0.2	0.000015	0.275	0.00055
	Acrinathrin (2)	1.1	0.001	0.1	0.000011	0.55	0.00020
	Boscalid (2)	5.3	0.001	0.3	0.000053	2.2	0.00024
	Azoxystrobin (3)	6.1	0.001	2.0	0.000061	11.0	0.00006
Crown daisy (9)	Ethoprophos (1)	0.6	0.5	0.02	0.0003	0.022	1.36364
	Lufenuron (1)	8.2	0.5	0.2	0.0041	0.77	0.53247
	Pyraclostrobin (1)	1.9	0.5	0.5	0.00095	1.65	0.05758
	Chlorpyrifos (2)	0.2	0.5	0.01	0.0001	0.55	0.01818
	Diazinon (4)	1.3	0.5	0.05	0.00065	0.275	0.23636
Pepper leaf (7)	Kresoxim-methyl (1)	4.0	0.2	0.1	0.0008	22.0	0.00364
	Lufenuron (1)	6.2	0.2	0.2	0.00124	0.77	0.16104
	Pyraclostrobin (1)	1.5	0.2	0.5	0.0003	1.65	0.01818
	Boscalid (2)	11.8	0.2	0.3	0.00236	2.2	0.10727
	Acrinathrin (3)	1.0	0.2	0.1	0.0002	0.55	0.03636
Ssamchu (7)	Diazinon (1)	2.1	0.01	0.1	0.000021	0.275	0.00764
	Fosthiazate (1)	1.7	0.01	0.05	0.000017	0.055	0.03091
	Diniconazole (6)	2.9	0.01	0.3	0.000029	1.1	0.00264
Chinese chives (6)	Chlorothalonil (1)	13.1	3.2	2.0	0.04192	1.1	3.81091
	Procymidone (2)	18.2	3.2	5.0	0.05824	5.5	1.05891
	Fludioxonil (3)	3.1	3.2	0.5	0.00992	22	0.04509
Chwinamul (6)	Acrinathrin (1)	0.6	1.8	0.1	0.00108	0.55	0.19636
	Azoxystrobin (1)	4.0	1.8	3.0	0.0072	11.0	0.06545
	Cadusafos (1)	2.4	1.8	0.2	0.00432	0.0275	15.70909
	Chlorothalonil (1)	17.2	1.8	5.0	0.03096	1.1	2.81455
	Endosulfan (1)	1.0	1.8	0.1	0.0018	0.33	0.54545
	Fludioxonil (1)	6.8	1.8	0.05	0.01224	22.0	0.05564
Perilla leaf (5)	Diniconazole (2)	1.0	2.6	0.3	0.0026	1.1	0.23636
	Diazinon (3)	1.3	2.6	0.05	0.00338	0.275	1.22909
Marsh mallow (5)	Fludioxonil (1)	1.2	0.4	0.05	0.00048	22.0	0.00218
	Indoxacarb (1)	8.2	0.4	3.0	0.00328	0.55	0.59636
	Pyridalyl (1)	4.3	0.4	0.05	0.00172	1.54	0.11169
	Trifloxystrobin (1)	1.3	0.4	0.5	0.00052	2.2	0.02364
	Triflumizole (1)	9.3	0.4	2.0	0.00372	2.75	0.13527

Table 10. continued

Commodity (No)	Pesticide (No)	Average Concentration (mg/kg)	Daily food intake (g)	MRL (mg/kg)	EDI ^{a)} (mg/man/day)	ADI ^{b)} (mg/man/day)	Hazard Index ^{c)}
Chamnamul (5)	Boscalid (1)	1.7	0.4	0.3	0.00068	2.2	0.03091
	Ethoprophos (1)	1.8	0.4	0.02	0.00072	0.022	3.27273
	Procymidone (3)	17.6	0.4	5.0	0.00704	5.5	0.12800
Lettuce (4)	Fluazinam (1)	0.3	5.8	0.05	0.00174	0.55	0.31636
	Chlorpyrifos (1)	0.3	5.8	0.01	0.00174	0.55	0.31636
	Procymidone (2)	8.5	5.8	5.0	0.0493	5.5	0.89636
Water dropwort (3)	Ethoprophos (3)	0.5	0.9	0.02	0.00045	0.022	2.04545
Sweet potato stalk (2)	Diazinon (1)	0.1	0.5	0.05	0.00005	0.275	0.01818
	Endosulfan (1)	4.4	0.5	0.1	0.0022	0.33	0.66667
	Indoxacarb (1)	6.2	0.5	2.0	0.0031	0.55	0.56364
	Lufenuron (1)	4.0	0.5	0.3	0.002	0.77	0.25974
Shepherd's purse (2)	Endosulfan (1)	4.8	0.4	0.1	0.00192	0.33	0.58182
	Methabenzthiazuron (1)	6.2	0.4	0.05	0.00248	0.22	1.12727
Butterbur leaf (2)	Azoxystrobin (1)	5.8	0.3	2.0	0.00174	11.0	0.01582
	Pyraclostrobin (1)	1.2	0.3	0.5	0.00036	1.65	0.02182
Young radish (2)	Diazinon (1)	0.7	0.4	0.05	0.00028	0.275	0.10182
	Boscalid (1)	3.0	0.4	0.3	0.0012	2.2	0.05455
Rape (2)	EPN (1)	1.9	0.2	0.05	0.00038	0.077	0.49351
	Methoxyfenozide (1)	4.0	0.2	0.05	0.0008	5.5	0.01455
Chinese vegetable (2)	Fosthiazate (1)	0.7	0.004	0.05	0.0000028	0.055	0.00509
	Lufenuron (1)	8.2	0.004	0.2	0.0000328	0.77	0.00426
Chicory (2)	Fluquinconazole (1)	1.3	0.2	0.05	0.00026	0.275	0.09455
	Pyriproxyfen (1)	0.7	0.2	0.2	0.00014	5.5	0.00255
Welsh onion (1)	Chlorothalonil (1)	9.8	10.2	2.0	0.09996	1.1	9.08727
Kidney bean (1)	Procymidone (1)	0.3	0.6	0.05	0.00018	5.5	0.00327
Beach silvertop (1)	Chlorpyrifos (1)	2.4	0.1	0.2	0.00024	0.55	0.04364
Amaranth (1)	Azoxystrobin (1)	2.9	0.2	2.0	0.00058	11.0	0.00527

a) Average concentration (mg/kg) × Daily food intake (g/man/day) / 1000

b) Acceptable daily intake (mg/kgbw/day) × 55 kg

c) Hazard Index (%ADI) = (EDI/ADI) × 100

를 살펴보면 취나물에서 Cadusafos가 15.70909%로 가장 높게 나왔고, 그 다음으로 파에서 Chlorothalonil이 9.08727%, 시금치에서 Chlorothalonil이 6.32727%, Indoxacarb가 5.89091%, 부추에서 Chlorothalonil이 3.81091%, 참나물에서 Ethoprophos가 3.27273%로 나왔고, 그 외는 모든 농약에 대하여 3% 이하로 나타났다. 취나물에서 Cadusafos가 위해도가 다른 농약에 비해 높게 나온 이유는 성인 1일 섭취허용량이 0.0275 mg/kgb.w./day로써 상대적으로 낮고 식품섭취량이 다소 다른 농산물에 비해 높는데 따른 원인으로 보인다. %ADI가 100%를 넘었을 경우 위해성이 있다고 판단할 수 있다. 그러나 식품의 섭취에 있어서 개인별, 지역별, 계절별 차이가 있을 수 있기 때문에 이보다 훨씬 낮은 수준에서 관리되어야 할 것으로 판단된다. 그래서 FAO/WHO에서는 %ADI가 10% 미만일 때는 위험성을 걱정할 필요가 없고, 10%를 초

과하면 정밀조사와 철저한 법적규제를 필요로 하며 ADI의 30% 수준에 도달하게 되면 위험경고를 해야 되는 것으로 인식되고 있다(Lee et al., 1997). 이번 연구에서 조사된 농산물은 취나물의 Cadusafos를 제외하고는 모두 10% 이하로 나타나 안전한 수준으로 판단되었다. 또한 농산물은 세척과 정과 조리과정을 통하여 실제 섭취하는 잔류농약은 더욱 제거되어 위해도는 더욱 낮아지므로 훨씬 더 안전한 수준으로 생각된다(Kwon et al., 2009; Jegal et al., 2000).

감사의 글

본 연구는 광주광역시보건환경연구원 2017년도 연구사업의 지원으로 수행하였습니다.

Literature Cited

- Cho, T. S. and Y. H. Moon (2000) Recognition of Farmer and Urban Resident on Pesticide Toxicity, *The Korean Journal of Pesticide Science* 4(4):48-55.
- Choi, S. H., J. S. Kang, Y. W. Choi, Y. J. Lee, Y. H. Park, M. R. Kim, B. G. Son, H. K. Kim, H. Y. Kim, W. Oh, H. B. Sim, K. B. Lim and J. K. Kim (2011) Effect of Diniconazole on Growth and Flowering of *Vinca* and *Salvia splendis*, *Journal of Life Science* 21(7):1004-1008
- Chun, O. K. and H. G. Kang (2003) Estimation of risks of pesticide exposure by food intake to Koreans. *Food Chem Toxicol* 41: 1063-1076
- Chung, S. J, H. Y. Kim, J. H. Kim, M. S. Yeom, J. H. Cho and S. Y. Lee (2014) Monitoring of Pesticide Residues and Risk Assessment in Some Fruits on the Market in Incheon, Korea, *Korean J. Environ. Agric.* 33(2):111-120.
- Han, S. H., S. K. Park, O. H. Kim, Y. H. Choi, H. J. Seoung, Y. J. Lee, J. H. Jung, Y. H. Kim, I. S. Yu, Y. K. Kim, K. Y. Han and Y. Z. chae (2012) Monitoring of pesticide residues in commercial agricultural products in the northern area of Seoul, Korea, *The Korean Journal of Pesticide Science* 16(2):109-120.
- Jang, M. R., H. K. Moon, T. R. Kim, D. H. Yuk, J. H. Kim and S. G. Park (2010) Dietary Risk Assessment for Pesticide Residues of Vegetables in Seoul, Korea, *Korean J. Nutr.* 43(4):404-412.
- Jegal, S. A., Y. S. Han and S. A. Kim (2000) Organophosphorus pesticides removal effect in Rice and Korean Cabbages by Washing and Cooking, *Korean J. SOC. FOOD. SCI.* 16(5):410-415
- Kim, H. Y., S. Y. Lee, C.G. Kim, E. J. Choi, E. J. Lee, N. G. Jo, J. M. Lee and Y. H. Kim (2013) A Survey on the Pesticide Residues and Risk Assessment for Agricultural Products on the Markets in Incheon Area from 2010 to 2012, *Korean J. Environ. Agric.* 32(1):61-69.
- Kim, N. H., J. S. Lee, O. H. Kim, Y. H. Choi, S. H. Han, Y. H. Kim, H. S. Kim, S. R. Lee, J. M. Lee, I. S. Yu and K. Jung (2014) Morning of Pesticide Residues and Risk Assessment on Agricultural Products Marketed in the Northern Area of Seoul in 2013, *J. Fd. Hyg. Safety* 29(3):170-180.
- Kim, S. H., W. J. Choi, Y. K. Baik and W. S. Kim (2008) Monitoring of Pesticide Residues and Risk Assessment of Agricultural Products Consumed in South Korea, *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37(11):1515-1522.
- Korea Food and Drug Administration (2014) Korea Food Code
- KRISS (2010) Report of 6th Size Korea Research Institute of Standard and Science, Korea
- Kwon, H. K., H. D. Lee, J. B. Kim, Y. D. Jin, B. C. Moon, B. J. Park, K. A. Son, O. K. Kwon and M. K. Hong (2009) Reduction of Pesticide Residues in Field-Sprayed Leafy Vegetables by Washing and Boiling, *J. Fd. Hyg. Safety* 24(2):182-187.
- Kwon, S. M., E. H. Park, J. M. Kang, H. C. Jo, S. H. Jin, P. J. Yu, B. S. Ryu and G. H. Jeong (2010) Pesticide Residues Survey on Agricultural Products before Auction at Whole Market in Busan Area during 2006~2008, *The Korean Journal of Pesticide Science* 14(2):86-94.
- Lee, M. G. and S. R. Lee (1997) Reduction Factors and Risk Assessment of Organophosphorus Pesticides in Korean Foods, *Korean J. Food SCI. TECHNOL.* 29(2):240-248
- Lee, M. J, M. G. Kim, H. R. Jeong, H. J. Yun, N. Y. Kim, H. T. Kim, C. Y. Kim, W. H. Lee and M. H. Yoon (2011) Residual Pesticides in Dried Agricultural Products Collected from Gyeonggi Province, *The Korean Journal of Pesticide Science* 15(3):238-245.
- Lee, M. S., M. S. Chang, S. J. Cho, I. S. Lee, Y. J. Lee, J. Y. Kum, N. Y. Kim, J. H. Kim, B. R. Kwak, H. B. Cho, M. S. Kim and K. Jung (2015) A survey on Pesticide Residues found in Commercial Products Collected from Markets in Gangnam Area of Seoul in 2015, *Report of S.I.H.E.* 51:39-52
- Seung, H. J., S. K. Park, K. T. Ha, O. H. Kim, Y. H. Choi, S. J. Kim, K. A. Lee, J. I. Jang, H. B. Jo and B. H. Choi (2010) Survey on Pesticide Residues in Commercial Agricultural Products in the Northern Area of Seoul, *J. Fd. Hyg. Safety* 25(2):106-117.

광주지역 도매시장 반입농산물의 잔류농약 실태 및 위해성 평가 (2014~2016)

양용식* · 강경리 · 이세미 · 김선경 · 이민규 · 최은아 · 서계원 · 김은선 · 김진희

광주광역시 보건환경연구원 농수산물검사소

요 약 본 연구에서는 2014년부터 2016년까지 3년간 광주광역시 도매시장 반입농산물 6,445건을 대상으로 잔류농약 실태조사와 위해도를 평가하였다. 농산물 732건에서 농약이 검출되어 11.4%의 검출률을 나타냈으며, 부적합률은 1.5%였다. 농산물 23품목에서 96건이 잔류허용기준을 초과하였다. 부적합 빈도가 높은 농산물은 시금치(15회), 쪽갓(9회), 고춧잎과 찜추(7회), 당귀잎, 취나물, 부추(6회) 순이었다. 분석대상 120종의 농약 중에서 42종의 농약이 검출되었고, 그 중에서 29종의 농약이 잔류허용기준을 초과하였다. 검출빈도가 높은 농약은 Azoxystrobin (186회, 21.4%), Dimethomorph (112회, 12.9%), Boscalid (65회, 7.5%), Procymidone (62회, 7.1%), Flufenoxuron (42회, 4.8%) 순이었다. 부적합 빈도가 가장 높은 농약은 Diazinon (10회, 9.7%)였으며, 그 다음으로 Chlorpyrifos, Diniconazole, Procymidone (8회, 9.7%), Lufenuron (7회, 6.8%)순이었다. 부적합 농약의 위해도를 평가하기 위하여 일일 섭취추정량(EDI)을 일일 섭취허용량(ADI)로 나누어 위해도를 산출하였다. 위해도(Hazard Index)는 0.00006~ 15.70909%로 나타났고, 취나물에서 Cadusafos가 15.70909%로 가장 높은 위해도를 보였다. 그 밖에 대부분의 농산물에서는 잔류농약의 위해도가 3% 이하로 나타나 매우 안전한 수준으로 판단되었다.

색인어 농산물, 위해도, 잔류허용기준, 잔류농약, 위해평가