

유통중인 농산물의 잔류농약 모니터링

남혜선* · 최용훈 · 윤상현 · 홍혜미 · 박용춘 · 이진하
강윤숙¹ · 이종옥¹ · 안영순² · 홍영표² · 김희연

경인지방식품의약품안전청 시험분석센터, ¹식품의약품안전청 식품평가부, ²조선대학교 식품의약학과

Monitoring of Residual Pesticides in Commercial Agricultural Products

Hye-Seon Nam*, Yong-Hoon Choi, Sang-Hyeon Yoon, Hye-Mi Hong, Yong-Chjun Park, Jin-Ha Lee,
Yun-Sook Kang¹, Jong-Ok Lee¹, Yeong-Sun Ahn², Yeong-Pyo Hong², and Hee-Yun Kim

Center for Food and Drug Inspection, Gyeongin Regional Office Korea Food and Drug Administration

¹Department of Food Evaluation, Korea Food and Drug Administration

²Department of Food & Drug, Chosun University

Abstract Pesticide residues were monitored in agricultural products purchased at Gyeongin and Jeolla-do provinces. Total 245 pesticides were analysed by GC-MS and LC-MS/MS, and residual pesticides were detected in 70 samples (19.7%), with spinach and chard showing high detection frequency of 35%. Fifteen samples (4.2%) exceeded Korea Maximum Residue Limits (MRLs), and 30 types of pesticides were detected in samples with azoxystrobin, procymidine, endosulfan showing considerably high frequencies in respectively 14, 13, and 13 samples. The amount of 11 pesticide including chlorpyrifos, indoxacarb among them were detected over Korea MRLs. No residual pesticides were detected in 285 (80.3%) samples, and residual pesticides levels of 55 samples (15.5%) were lower than Korea MRLs, indicating 95.8% samples were relatively safe.

Key words: pesticide residue, monitoring, agricultural products

서론

병충해 및 잡초 등을 효과적으로 제거하기 위해 합성된 유기 화합물인 농약은 현대 농업에서 농산물의 생산량 증대에 중요한 역할을 하여왔다. 그러나 인구의 증가에 따른 농산물의 수요증가는 농약의 생산 및 사용을 증가시켰으며, 이로 인하여 우리의 생활환경이 오염되고 생태환경이 영향을 받고 있다. 또한 농약사용의 증가는 농약 잔류의 가능성을 증가시킨다는 점에서 소비자들의 관심증대와 함께 막연한 불안감마저 가지고 있으므로 식품의 잔류농약에 대한 안전성이 더욱 중요시 되고 있다.

세계 각국은 농약의 오·남용방지를 위해 농약사용기준과 각 농약별 해당 농산물에 대한 최대잔류허용기준 등을 설정하고 이를 근거로 농·임산물에 잔류되는 농약에 대한 지속적인 모니터링 및 감시를 실시하여 잔류농약오염실태 및 그 추이변화를 파악하고, 그 결과를 식품정책의 기초 자료로 사용하고 있으며, 농약이 최대잔류허용기준 이상으로 분류되어있는 농산물을 폐기시킴으로써 유통 농산물의 안전성을 보장하고 있다(1-3).

우리나라는 1968년부터 농약 모니터링을 실시하였으며, 1988년 9월 처음으로 식품에 17종 농약에 대한 잔류허용기준을 설정

한 이후 18차례에 걸쳐 농약의 잔류허용기준을 신설·개정함으로써 현재 총 371종의 농약성분에 대하여 식품의 농약별 잔류허용기준을 설정하여 관리하고 있다(4). 식품의약품안전청은 검출이력이 있거나 집중관리가 필요한 225종의 농약을 무작위 검사항목으로 분류하여 관리하고 있으며, 이를 토대로 2001년부터 매년 잔류농약 모니터링사업을 실시하고 그 결과를 식품위생정책 및 농약잔류허용기준 제·개정시 반영하고 있다. 또한 농약의 검출빈도가 높은 농산물은 관련기관에 그 결과를 통보하여 농민들이 농약 사용에 있어 안전기준을 준수하도록 하고 있다(5-7).

이에 본 연구는 유통 농산물의 잔류농약 모니터링 사업의 일부로서 무작위 검사항목 225개 농약 및 동시분석이 가능한 24개 농약 등 254개 항목에 대하여 잔류농약 부적합 이력이 높은 농산물을 대상으로 경인지역과 전라도지역의 5개 도시에서 4회에 걸쳐 15종 총 355개 시료를 구입하여 농약의 잔류실태를 조사하였다.

재료 및 방법

시료

조사대상 15종의 농산물은 경인 및 전라도 지역의 5개 도시에서 2004년 4-9월에 걸쳐 최종 유통단계인 농산물시장 및 대형마트에서 구입하였고 신속하게 운반하여 즉시 전처리 과정을 수행하였다. 구입지역, 시료 및 시료수는 Table 1과 같다.

시약 및 기구

시료내 잔류농약의 추출을 위한 시약으로는 acetone(Fisher scientific, Korea), dichloromethane(RA grade, Merck, Germany),

*Corresponding author: Hye-Seon Nam, Center for Food and Drug Inspection, Gyeongin Regional Office Korea Food and Drug Administration, Juan-1-dong, Nam-gu, Incheon 402-835, Korea
Tel: 82-32-442-4620
Fax: 82-32-442-4622
E-mail: hs_nam@hanmail.net
Received January 10, 2006; accepted April 1, 2006

Table 1. Five cities and kinds of samples purchased at the markets

Commodity	Purchased area (No. of sample)					Total
	Incheon	Iksan	Jeonju	Gwangju	Suwan	
Carrot	4	4	4	4	4	20
Chamnamul	8	8	8	8	6	38
Chard	4	4	4	4	4	20
Chwinamul	8	9	8	8	5	38
Chrowndaisy	4	4	4	4	4	20
Cucumber	4	4	4	4	4	20
Dropwort	6	8	8	8	6	36
Green hot pepper	4	4	4	4	4	20
Leek	4	4	4	4	4	20
Lettuce	4	4	4	4	4	20
Perilla leaves	4	4	4	4	4	20
Red mustard	4	5	5	5	4	23
Spinach	4	4	4	4	4	20
Sweet pepper	4	4	4	4	4	20
Tomato	4	4	4	4	4	20

Petroleum ether(RA grade, Merck, Germany), sodium sulfate anhydrous(GR grade, Duksan, Korea) 그리고 sodium chloride (GR grade, Duksan, Korea)를 사용하였으며, 농축은 감압농축기 (VV2011, Heidoph, Germany)를 이용하였다. 농약 성분은 GC-MS(Table 2) 및 LC-MS/MS(Table 3)에서 동시분석이 가능한 245종의 농약을 분석대상으로 삼았고, 농약 표준품은 순도가 확인된 Chem Service, Inc.(USA), Dr. Ehrenstorfer GmbH(Germany) 또는 Accu Standard(USA)의 제품을 사용하였다. 표준원액 및 표준용액은 각각의 농약 표준품을 acetone에 1,000 ppm으로 녹여 표준원액으로 조제하고, 이 표준원액을 농도가 5 ppm이 되도록 희석하여 사용하였다. 정확한 분석을 위하여 머무름시간(retention time)이 겹치지 않도록 7그룹으로 나누어 사용하였다.

시료의 전처리

시료는 homogenizer로 균질화한 후 그 중 40 g을 acetone 100 mL와 섞어 3분간 격렬히 진탕하고 여과하여 아세톤을 분리하였다. 분리된 아세톤을 분액여두에 옮겨 petroleum ether 50 mL, dichloromethane 50 mL, 포화식염수 20 mL를 넣어 진탕하고 수용액 층을 버린 후, 유기용매 층을 무수 sodium sulfate로 탈수 및 여과하였다. GC-MS 분석을 위해 여과된 유기용매 층을 35-40°C에서 감압농축하고 acetone에 녹여 최종 부피가 4 mL가 되도록 하였다. LC-MS/MS분석을 위해서는 감압 농축된 유기용매 층을 메탄올에 녹여 최종부피가 4 mL가 되도록 하였다.

기기분석 조건

GC-MS: CP8400 autosampler와 CP1177 injector가 장착된 CP3800(Varian, USA) 모델을 사용하였고 분석용 컬럼은 CP 8132 Rapid-MS 컬럼(10 m×0.53 mm, DF 0.25 µm, 5%-Ph/95%-MeSi, Wide-Bore, Varian, USA)을 사용하였다. Wide-Bore 컬럼을 사용하면서도 진공(≈10⁻⁵ torr)을 유지하기 위하여 GC의 주입구와 컬럼 사이에 Restrictor (Narrow Bore Fused Silica Tubing, 0.6 m×0.1 mm, Varian, USA)를 사용하였다. 주입구 온도는 280°C, 주입량은 1 µL(Split ratio 20:1)로 하였으며 이동상으로는 Helium (99.9995 + %)을 사용하였고 유속은 분당 1.2 mL로 하였다. 오븐

온도는 60°C에서 1분 30초 동안 유지하고 280°C까지 분당 18°C의 속도로 승온한 후 1분간 등온시키는 조건을 사용하였다. GC와 연결된 Mass Spectrometric Detector(MSD)는 Varian(USA)사의 Saturn2200모델을 사용하였다. Ion trap, manifold, transfer line의 온도는 각각 230, 120, 220°C로 하였다.

LC-MS/MS: ProStar(Varian, AU) 모델을 사용하였다. Cadenza CD-C18 컬럼(ID 2 mm, Length 75 mm, Imtakt)을 사용하였으며 이동상으로는 0.1% formic acid와 20 mM ammonium acetate가 첨가된 85% 메탄올을 사용하였다. 유속은 분당 0.25 mL이었으며 단일농도구배로 하였다. LC와 연결된 tandem-mass spectrometric detector(MS/MS)는 Varian(USA)사의 1200 L 모델을 사용하였다. Drying gas와 collision gas로는 각각 20 psi의 질소와 2.0 torr의 아르곤을 사용하였고 EM tube는 1,800 V로 하였다.

결과 및 고찰

회수율

농약을 배추에 첨가하여 각 농약의 회수율을 시험한 결과 69-132%의 회수율을 나타내었다. 또한 표준 농약혼합액을 분석한 결과는 Table 2, Table 3과 같다.

잔류농약 실태 분석

경인지역과 전라도 지역내 5개 도시에서 유통되고 있는 농산물 15종 355개 시료에 대하여 농약잔류실태를 조사한 결과는 Table 4와 같다. 총 355개 시료를 분석한 결과 70건에서 잔류농약이 검출되어 19.7%의 검출률을 나타내었으며 이중 잔류농약 허용기준치를 초과한 부적합률은 유통농산물 355건 중 15건으로 전체 조사 농산물 중 4.2%로 나타났다. 이러한 결과는 식품의약품안전청에서 잔류농약 모니터링 결과인 2001년 12.2%(5), 2002년 8.8%(6), 2003년 16.8%(7)와 비교시 본 연구의 농약 검출률 19.7%는 다소 높은 수치를 나타내었다. 이는 본 연구의 조사대상 농산물이 다소비 농산물인 동시에 부적합 이력이 높았던 농산물이기 때문인 것으로 사료된다. 한편 앞선 모니터링 결과 부적합률은 2001년(5) 0.8%, 2002년(6) 4.2%, 2003년(7) 1.2%로 나타나 본 연구의 부적합률 4.2%는 2002년의 결과와 유사한 경향을 볼 수 있었다. 반면 Kim 등(8)의 연구결과인 5.2%보다는 낮은 것으로 나타났다. 이와 같이 서로 다소 다른 결과를 나타내는 것은 매년 잔류농약 모니터링 조사시 식품의 종류와 시료수, 조사대상 농약품목 및 조사지역에서 차이가 있기 때문인 것으로 사료된다.

한편 미국 FDA의 자국 농산물 모니터링 결과를 보면 2000년(9) 농약 검출율이 39.7%, 부적합율은 0.7%였고, 2001년(9)에는 농약 검출률이 38.7%, 부적합율은 1.1%로 보고한 바 있다. EU(유럽연합)의 보고서(10,11)에서는 신선식품(생동식물 포함), 채소류, 과일류, 곡류 등에 대하여 잔류농약 모니터링을 실시한 결과, 2000년의 경우 농약 검출율은 43%이고, 4.5%가 잔류기준을 초과하였고, 2001년의 경우 농약 검출율 44%이고, 3.9%가 잔류기준을 초과하였다고 보고하였다. 미국과 EU의 결과와 비교시 본 연구의 농약검출률은 낮게 나타났고 부적합율은 EU의 결과와 유사하며 미국보다는 높은 것으로 나타났다.

355건의 유통농산물중 285건인 80.3%는 농약이 검출되지 않았고, 340건인 95.8%는 잔류농약 허용규격에 적합한 것으로 나타나 안전한 것으로 사료된다.

Table 2. List of pesticides analyzed by GC-MS

No. ¹⁾	Group ²⁾	Pesticide	Retention time	No.	Group	Pesticide	Retention time
39	1	methamidophos	3.279	174	3	formothion	7.394
21	2	dichlorvos	3.446	265	5	dimethenamid	7.457
24	3	dichlobenil	4.079	177	3	phosphamidone	7.488
34	5	mevinphos	4.832	132	1	chlorpyrifos methyl	7.515
73	3	acephate	4.844	187	2	propanil	7.528
6	1	nitrapyrin	4.846	72	4	acetochlor	7.535
269	4	metolcarb	5.031	44	3	metribuzin	7.551
272	3	molinatate	5.491	202a	6	heptachlor	7.587
104	5	isoprocab	5.534	139	4	tolclofos-methyl	7.588
136	6	tecnazene	5.777	155	1	parathion-methyl	7.589
93	1	omethoate	5.837	62	5	vinclozolin	7.590
216	2	fenobucarb	5.974	78	2	alachlor	7.618
191	3	propoxur	5.997	111	3	carbaryl	7.655
27	4	diphenylamine	6.055	38	4	metalaxyl	7.723
224	1	cymoxanil	6.056	184	5	prometryn	7.775
86	5	ethoprophos	6.134	120c	7	methyl pentachlorophenylsulfide	7.809
84	2	ethalfuralin	6.300	266	1	dithiopyr	7.813
130	1	chlorpropham	6.306	162	5	fenitrothion	7.882
52	3	bendiocarb	6.408	196	2	pirimiphos-methyl	7.892
148	1	trifluralin	6.415	134	3	terbutryn	7.896
110	4	cadusafos	6.439	304	1	probenazole	7.898
58a	6	BHC, alpha-	6.449	36	4	methiocarb	7.906
173	5	phorate	6.464	22	5	dichlofluanid	7.910
47	2	monocrotophos	6.519	30	2	linuron	7.926
108	1	thiometon	6.575	217	3	dimethylvinphos	7.945
23	3	dicloran	6.620	250	3	esprocarb	7.948
256	4	fluoroimide	6.644	76a	6	aldrin	7.951
14	5	dimethoate	6.657	56	4	bromacil	7.962
120a	6	quintozene	6.754	40	2	metolachlor	8.000
114	2	carbofuran	6.788	178	4	phoxim	8.023
58b	7	BHC, beta-	6.789	32	5	malathion	8.035
64	4	simazine	6.802	298	3	thiazopyr	8.039
58c	6	BHC, gamma-	6.831	131	1	chlorpyrifos	8.043
222	1	mepanipyrim	6.890	168	4	fenthion	8.097
294	2	terbutylazine	6.901	153	5	parathion	8.130
135	3	terbufos	6.948	307	4	fthalide	8.149
313	5	pyroquilon	6.957	220	2	diethiofencarb	8.164
125	5	chlorothalonil	7.038	142	1	triadimefon	8.179
177	3	phosphamidone	7.076	310	3	flufenacet	8.197
8	4	diazinon	7.102	297	1	tetraconazole	8.233
15	5	disulfoton	7.137	28	4	diphenamid	8.277
58d	7	BHC, delta-	7.198	235	5	fosthiazate	8.292
289	2	isazofos	7.206	197	1	pirimiphos-ethyl	8.333
144	1	triallate	7.216	202b	6	heptachlor epoxide	8.379
88	3	etrimfos	7.261	163	3	pendimethalin	8.388
120b	6	pentachloroaniline	7.284	225	4	cyprodinil	8.395
205	4	iprobefos	7.310	169	5	penconazole	8.459
333	2	tebupirimfos	7.332	138	1	tolyfluanid	8.459
195	5	pirimicarb	7.350	103	2	isofenphos	8.502
41	1	metobromuron	7.362	118	4	captan	8.520
82	2	ethiofencarb	7.393	129	3	chlorfenvinphos	8.524

¹⁾Registration number in Korea Food Code.

²⁾Group was classified into 7 group according to retention time in order not to be overlapped each other.

Table 2. Continued

¹⁾ No.	²⁾ Group	Pesticide	Retention time	No.	Group	Pesticide	Retention time
170	1	phenthoate	8.555	192	5	propiconazole	9.875
322	2	dimepiperate	8.559	314	3	pyriminobac-methyl	9.897
37	5	mecarbam	8.565	199	4	hexazinone	9.931
179	4	folpet	8.574	295	2	thenylchlor	9.934
185	3	procymidone	8.582	241	1	nuarimol	9.958
141	1	triadimenol	8.605	133	3	tebuconazole	10.003
126a	7	chlordan,-trans	8.623	117	5	captafol	10.028
107	4	chinomethionat	8.631	25	4	diclofop-methyl	10.059
45	5	methidathion	8.670	189	2	propargite	10.064
149	2	triflumizole	8.677	316	1	pyributicarb	10.230
12c	7	DDE,2,4'-	8.704	258	1	pyridaphenthion	10.289
90a	6	endosulfan,alpha-	8.739	176	3	phosmet	10.290
126b	7	chlordan,-cis	8.752	106	1	EPN	10.345
156	3	paclobutrazol	8.765	57	2	bromopropylate	10.359
275	1	butachlor	8.820	274	3	benzoximate	10.372
4	2	napropamide	8.903	61	5	bifenthrin	10.414
211	5	prothiofos	8.972	19	4	dicofol	10.423
159	1	fenamiphos	8.980	43	3	methoxychlor	10.437
309	4	flutolanil	9.012	240	5	fenoxycarb	10.455
76b	6	dieldrin	9.018	251	1	etoxazole	10.479
306	1	pretilachlor	9.019	171	2	fenpropathrin	10.500
204	2	isoprothiolane	9.032	282	4	anilofos	10.520
190	3	profenofos	9.034	210	1	fenazaquin	10.532
238	5	fludioxonil	9.037	60	5	bifenox	10.541
200	3	hexaconazole	9.039	208	3	tebufenpyrad	10.545
12d	7	DDE,4,4'-	9.048	330	3	indanofan	10.551
12a	6	DDD,2,4'-	9.107	137	2	tetradifon	10.601
94	1	oxadiazon	9.131	175	1	phosalone	10.664
115	2	carboxin	9.147	75	2	azinphos-methyl	10.684
31	3	myclobutanil	9.153	300	3	pentoxazone	10.721
180	4	flusilazole	9.189	270	4	mefenacet	10.800
97	1	oxyfluorfen	9.215	279	5	cyhalofop-butyl	10.873
91	6	endrin	9.217	158	1	fenarimol	10.938
230	2	kresoxim-methyl	9.237	68	2	cyhalothrin	10.967
226	3	cyproconazole	9.263	193	3	pyrazophos	11.021
206	4	chlorfenapyr	9.286	285	5	acrinathrin	11.114
340	5	fenoxanil	9.327	213	3	pyraclofos	11.162
124	4	chlorbenzilate	9.412	157	3	permethrin	11.337
167	5	fensulfothion	9.449	59	2	bitertanol	11.344
314	3	pyriminobac-methyl	9.461	214	5	pyridaben	11.376
13a	7	DDT,2,4'-	9.470	186	4	prochloraz	11.412
12b	6	DDD,4,4'-	9.472	67	3	cyfluthrin	11.645
95	1	oxadixyl	9.481	119	1	quizalofop-ethyl	11.881
83	2	ethion	9.515	182	2	flucythrinate	11.922
244	3	mepronil	9.680	66	5	cypermethrin	11.985
143	1	triazophos	9.685	315	3	pyrimidifen	12.198
90c	6	endosulfan sulfate	9.741	164	4	fenvalerate	12.266
113	4	carbophenothion	9.742	181	5	fluvalinate	12.434
80	5	edifenphos	9.748	290	4	indoxacarb	12.675
5	1	norflurazon	9.802	9	2	deltamethrin	12.678
301	3	fenhexamid	9.815	234	5	fenpyroximate	12.811
13b	7	DDT,4,4'-	9.834	253	5	imibenconazole	13.094

¹⁾Registration number in Korea Food Code.²⁾Group was classified into 7 group according to retention time in order not to be overlapped each other.

Table 3. List of pesticides analyzed by LC-MS/MS

No. ¹⁾	Pesticide	Retention time	No.	Pesticide	Retention time
96	oxamyl	0.836	259	pyrimethanil	1.735
337	thiamethoxam	0.919	325	cyazofamid	1.754
35	methomyl	0.932	165	fenbuconazole	1.758
332	clothianidin	0.936	308	flusulfamide	1.825
227	acetamiprid	0.957	207	tebufenozide	1.834
48	vamidothion	0.967	29	diflubenzuron	2.004
338	thiacloprid	1.011	26	difenoconazole	2.067
232	tricyclazole	1.018	263	fenothiocarb	2.146
280	cinosulfuron	1.024	345	pyraclostrobin	2.328
77	aldicarb	1.058	344	pyrazolate	2.534
151	thiodicarb	1.149	335	trifloxystrobin	2.632
342	flumioxazine	1.228	262	hexaflumuron	2.769
327	azafenidin	1.240	329	oxaziclomefone	3.210
303	forchlofenuron	1.334	123	clofentezine	3.030
112	cabendazim	1.355	239	fluazinam	3.721
16	diuron	1.356	242	lufenuron	4.151
243	methabenzthiazuron	1.378	231	chlorfluazuron	4.313
323	boscalid	1.455	209	teflubenzuron	4.581
218	dimethomorph	1.494	236	pyriproxyfen	4.736
100	imazalil	1.653	212	flufenoxuron	5.660
215	fipronil	1.658	11	dinocap	6.591

¹⁾Registration number in Korea Food Code.

Table 4. Overview of pesticide residues in agricultural products

Commodity	No. of samples analyzed	Residue profile				No. of residues over Korea MRLS ¹⁾
		No. of detected residues	One residue only	Two residues	Three or more residues	
Carrot	20	18	2	0	0	1
Cham-na-mul	38	27	8	2	1	2
Chard	20	13	7	0	0	1
Chwi-na-mul	38	25	12	1	0	4
Chrowndaisy	20	17	2	1	0	1
Cucumber	20	17	3	0	0	1
Dropwort	36	35	1	0	0	0
Green hot pepper	20	16	3	1	0	0
Sweet pepper	20	17	2	0	1	0
Leek	20	17	3	0	0	1
Lettuce	20	17	3	0	0	0
Red mustard	23	17	5	1	0	4
Perilla leaves	20	19	1	0	0	0
Spinach	20	13	6	0	1	1
Tomato	20	17	2	1	0	0
Total	355 (100%)	285 (80.3%)	60 (16.9%)	7 (2.0%)	3 (0.8%)	15 (4.2%)

¹⁾MRLS: maxium residue limits.

농산물별 농약 잔류 분포

조사대상 농산물별 잔류농약 검출 결과는 Table 5와 같다. 농산물별 농약 검출빈도는 시금치와 근대가 각각 7건(35%)으로 검출빈도가 가장 높았고, 취나물 13건(34.2%), 참나물 11건(28.9%), 적겨자 6건(26.1%), 풋고추 4건(20%), 쑥갓, 오이, 부추, 상추, 피망, 토마토는 각각 3건(15%), 당근은 2건(10%), 들깨잎과 미나리는 각각 1건(5%, 2.8%)에서 농약이 검출되었다. 이러한 결과는 Kim 등(8)의 연구보고에서 농약검출률이 깻잎 60%, 시금치 29.2%, 상추 20.8%와 비교하여 보았을 때 본연구의 결과는 농산물의 품목에 따라 좀더 낮거나 비슷한 수준이었다.

한편 농약잔류허용기준을 초과한 농산물은 적겨자 4건(17.4%), 취나물 4건(10.5%), 참나물 2건(5.3%), 오이, 시금치, 당근, 부추, 근대가 각각 1건으로 총 355건 중 15건이 잔류농약허용기준치를 초과하였다. Kim 등(8)의 연구보고에서는 깻잎(28%), 상추(16.7%), 시금치(12.5%)의 부적합률이 높은 것으로 나타났으나 본 연구결과 상추와 깻잎에서는 잔류농약허용기준치를 초과한 것이 한건도 없었으며 시금치는 단 한건만이 잔류농약허용기준치를 초과한 것으로 나타났다. 또한 피망과 미나리 풋고추, 토마토 쑥갓은 잔류농약허용기준치를 초과한 것이 없는 것으로 나타났다.

각 농산물에서 검출된 농약은 취나물 7종, 참나물과 시금치 각

Table 5. Pesticide residues detected in agricultural products

Commodity	No. of samples with residues	No. of samples violative	Pesticides	No. of detected samples	No. of over MRLS ¹⁾	Detection Value (mg/kg)	Korea MRLS (mg/kg)
Carrot	2	1	Triadimenol	1	1	0.07	0.05
			Fenazaquin	1	0	0.01	0.05
Cham-na-mul	11	2	Procymidone	8	0	0.004-1.21	5.0
			Endosulfan	3	0	0.008-0.99	1.0
			Diazinon	1	0	0.03	0.1
			Chlorpyrifos	1	1	0.24	0.1
			Terbufos	1	1	0.25	0.05
			Cyhalothrin	1	0	0.05	0.2
Chard	7	1	Azoxystrobin	1	0	0.10	3.0
			Endosulfan	3	0	0.02-0.04	1.0
			Cypermethrin	2	0	0.43-0.67	1.0
			Phoxim	1	1	0.36	0.05
Chwi-na-mul	13	4	Procymidone	1	0	0.49	5.0
			Azoxystrobin	8	0	0.03-0.78	3.0
			Bifenthrin	1	1	0.79	0.5
			Chlorpyrifos	1	1	0.20	0.1
			Fenthothion	1	1	0.43	0.2
			EPN	1	1	0.23	0.1
			Tebufenpyrad	1	0	0.03	2.0
Chrowndaisy	3	0	Azoxystrobin	2	0	0.34-0.34	3.0
			Chlorothalonil	1	0	2.17	5.0
			Diphenylamine	1	0	0.01	5.0
Cucumber	3	1	Metalaxyl	1	0	0.04	1.0
			Chlorothalonil	1	0	0.14	1.0
			Methodathion	1	1	0.11	0.05
Dropwort	1	0	Procymidone	1	0	0.72	5.0
Green hot pepper	4	0	Azoxystrobin	1	0	0.01	2.0
			Metalaxyl	1	0	0.01	1.0
			Tetraconazole	2	0	0.02-0.06	1.0
			Diphenylamine	1	0	0.01	5.0
Sweet pepper	3	0	Azoxystrobin	1	0	0.04	2.0
			BHC	1	0	0.14	0.2
			Chlofenapyr	1	0	0.05	0.7
			Triallate	1	0	0.02	0.05
			Pendimethalin	1	0	0.02	0.05
Leek	3	1	Procymidone	1	0	0.13	5.0
			Endosulfan	1	0	0.62	1.0
			Parathion	1	1	0.30	0.3
Lettuce	3	0	Endosulfan	1	0	0.03	1.0
			Bifenthrin	1	0	0.20	0.5
			Indoxacarb	1	0	1.27	2.0
Red mustard	6	4	Endosulfan	2	0	0.02-0.03	1.0
			Metalaxy	1	0	0.03	0.1
			Diazinon	2	2	0.26-0.33	0.1
			Indoxacarb	2	2	1.74-3.26	1.0
Perilla leaves	1	0	Fenvalerate	1	0	0.02	0.5
Spinach	7	1	Procymidone	1	0	0.59	5.0
			Azoxystrobin	1	0	0.48	3.0
			Endosulfan	2	0	0.02-0.08	1.0
			Bifenthrin	3	0	0.02-0.23	0.5
			Flucythrinate	1	0	0.23	0.5
			Phorate	1	1	0.08	0.05
Tomato	3	0	Procymidone	1	0	0.42	5.0
			Endosulfan	1	0	0.19	0.5
			BHC	1	0	0.12	0.2
			Diethiofencarb	1	0	0.22	0.3
			Iprobenfos	1	0	0.03	0.2
Totals	70	15			15		

¹⁾MRLS: maxium residue limits.

Table 6. Distribution of detected pesticides in agricultural products

Pesticides	Commodity	No. of samples with detection	No. of samples over korea MRLS ¹⁾
Azoxystrobin (14)	Chard	1	0
	Chwi-na-mul	8	0
	Chrowndaisy	2	0
	Green hot pepper	1	0
	Sweet pepper	1	0
	Spinach	1	0
BHC (2)	Sweet pepper	1	0
Bifenthrin (5)	Chwi-na-mul	1	1
	Lettuce	1	0
	Spinach	3	0
Chlofenapyr (1)	Sweet pepper(pimento)	1	0
Chlorpyrifos (2)	Cham-na-mul	1	1
	Chwi-na-mul	1	1
Chlorothalonil (2)	Chrowndaisy	1	0
	Cucumber	1	0
Cyhalothrin (1)	Cham-na-mul	1	0
Cypermethrin (2)	Chard	2	0
Diazinon (4)	Cham-na-mul	1	0
	Red mustard	2	2
Diethiofencarb (1)	Tomato	1	0
Diphenylamine (2)	Chrowndaisy	1	1
	Green hot pepper	1	0
Endosulfan (15)	Cham-na-mul	3	0
	Chard	3	0
	Leek	1	0
	Lettuce	1	0
	Red mustard	2	0
	Spinach	2	0
	Tomato	1	0
EPN (1)	Chwi-na-mul	1	1
Fenazaquin (1)	Carrot	1	0
Fenthothion (1)	Chwi-na-mul	1	1
Fenvalerate (1)	Perilla leaves	1	0
Flucythrinate (1)	Spinach	1	0
Indoxacarb (3)	Lettuce	1	0
	Red mustard	2	2

¹⁾MRLS: maxium residue limits.

각 6종, 피망 5종, 풋고추, 근대, 토마토, 적겨자가 각각 4종, 썩갓 오이, 부추, 상추 각각 3종, 당근 2종, 들깻잎과 미나리 각각 1종이 검출되었다. 잔류농약허용기준치를 초과한 농약은 취나물에서 bifenthrin(0.79 mg/kg), chlorpyrifos(0.20 mg/kg), fenitrothion (0.43 mg/kg), EPN(0.23 mg/kg)이었으며, 당근에서 triadimenol(0.07 mg/kg), 참나물에서 chlorpyrifos(0.24 mg/kg), terbufos(0.25 mg/kg), 근대에서 phoxim(0.36 mg/kg), 오이에서 methidathion(0.11 mg/kg), 부추에서 parathion(0.30 mg/kg), 적겨자에서 diazinon(0.26 mg/kg, 0.33 mg/kg)과 indoxcarb(1.74 mg/kg, 3.26 mg/kg), 시금치에서 phorate (0.08 mg/kg)로 나타났다. 특히 근대와 참나물에서 각각 phoxim과 terbufos는 기준치가 설정되어 있지 않아 해당농약의 최저기준치 (0.05 mg/kg)를 적용 시켰을 때 각각 이 기준치의 7배, 5배의 검출농도를 나타내었다. 또한 잔류농약허용기준치를 초과한 나머지 11종의 농약은 오이에서 검출된 methidathion만이 개별식품의 기준허용치인 0.05 mg/kg을 초과하였으며, 나머지 11종의 농약은 해

당농약의 최저기준치를 적용한 결과였다. 농약이 검출된 농산물 중에는 농약잔류기준이 설정되어 있지 않은 경우 농약잔류기준 중 유사한 농산물의 최저기준을 적용 하거나 또는 농약잔류 허용기준 중 해당농약의 최저기준을 적용시켰다.

농약별 검출분포

조사대상 농산물에 있어서 농약별 검출분포는 Table 6과 같다. 조사대상 농산물 15종 355건에서 검출된 농약은 30종이었으며 검출빈도가 10회 이상인 농약은 azoxystrobin, procymidone, endosulfan으로 이중 azoxystrobin은 14회로 가장 빈도수가 높았으며, 그다음으로 procymidone과 endosulfan은 각각 13회씩 검출되었다. 그 외 bifenthrin은 5회, metalaxy과 diazinon은 각각 4회, indoxacarb는 3회 검출되었으며 chlorothalonil, cypermethrin, chlorpyrifos, tetraconazole, diphenylamine, diethiofencarb는 2회 검출되었다. 그밖에도 16종의 농약은 1회 검출되었다. Azoxystrobin은

Table 6. Continued

Pesticides	Commodity	No. of samples with detection	No. of samples over korea MRLS ¹⁾
Iprobenfos (1)	Tomato	1	0
Metalaxyl (4)	Cucumber	1	0
	Sweet pepper	1	0
	Red mustard	1	0
Methidathion (1)	Cucumber	1	1
Parathion (1)	Leek	1	1
Pendimethalin (1)	Sweet pepper	1	0
Phorate (1)	Spinach	1	1
	Cham-na-mul	8	0
	Chwi-na-mul	1	0
	Dropwort	1	0
	Leek	1	0
	Spinach	1	0
	Tomato	1	0
Phoxim (1)	Chard	1	1
Tebufenpyrad (1)	Chwi-na-mul	1	0
Tetraconzole (2)	Green hot pepper	2	0
Triadimendo (1)	Carrot	1	0
Turbufos (1)	Cham-na-mul	1	1

¹⁾MRLS: maxium residue limits.

기준치를 초과하지는 않았지만 검출빈도가 높은 농약이므로 앞으로 주의를 기울여야 할 것이며, procymidone은 살균제로, endosulfan은 유기 염소계 살충제로 수질 오염성 농약으로 지정되어 있으며 잔류성이 길어서 열채류나 과채류 및 근채류에서의 사용을 제한하고 있는 농약으로서 본 시험결과 이 또한 기준치를 초과하지는 않았지만 검출빈도가 높은 농약이므로 좀더 체계적인 관리가 요구되어진다. Chlorpyrifos, fenitrothion, parathion, terbufos, EPN, methidathion, phorate는 검출빈도는 적지만 허용기준치가 초과된 유기인계농약으로서 이중 특히 chlorpyrifos와 EPN는 고독성 농약이므로 이에 대한 좀더 체계적인 관리가 필요할 것으로 사료된다. 이밖에도 잔류농약 허용기준치를 초과한 농약은 bifenthrin, indoxacarb, diazinon, phoxim, triadimenol이며 이중 특히 diazinon과 indoxcarb는 각각 2건씩 허용기준치를 초과한 것으로 나타났다.

요 약

본 연구는 경인지역과 전라도지역의 5개 도시에서 유통되고 있는 농산물중 잔류농약 부적합이력이 높은 농산물 15종, 총 355개 시료를 대상으로 GC(GC-MS)와 LC(LC-MS/MS)를 사용하여 254종의 잔류농약을 모니터링 하였다. 그 결과 355개 시료 중 70개 시료(19.7%)에서 잔류농약이 검출되었으며 그 중 15개 시료(4.2%)는 국내 잔류농약 허용기준치를 초과하였다. 본 연구 대상 농산물에서 azoxystrobin을 포함한 30종의 잔류농약이 검출되었으며 그 중 azoxystrobin, procymidine, endosulfan은 검출빈도가 높게 나타났고(각각 14, 13, 13회) chlorpyrifos와 indoxacarb를 포함한 11종의 잔류농약은 국내 잔류농약 허용기준치를 초과하였다. 그러나 285품목(80.3%)에서는 잔류농약이 전혀 검출되지 않았고, 잔류농약이 검출된 시료 중 55개(15.5%)에서는 국내 잔류농약 허

용기준치 미만으로 검출되어 조사대상 총 355개의 시료 중 340개의 시료(95.8%)는 상대적으로 안전하였다.

문 헌

1. FDA. Food and drug administration pesticide program. Residue monitoring 2000 report. Washington D.C., USA (2001)
2. European Commission. Monitoring of pesticide residues in products of plant origin in the european union, Norway and Iceland. 1999 report. EU (2000)
3. Good Sanitation Division & Food Chemistry Division. Pesticide residues in food. Ministry of Health and Welfare. Tokyo, Japan (1999)
4. KFDA. MRLs for pesticides in foods. Seoul, Korea (2005)
5. Woo GP, Hwang IG, Choi DM, Lee KB, Choi YJ, Oh GS, Suh JH, Park SS. Pesticide residues monitoring in food. The Annual Report of KFDA. 5: 491 (2001)
6. Hong MK, Woo GP, Hwang IG, Choi DM, Lee KB, Oh GS, Suh JH, Hu SJ, Im MH, Jeong SY, Yoo JL, Lee KJ, Lee EK. Monitoring of pesticides in foods: In monitor crop (vegetables) nuts & seeds peas and potatoes. The Annual Report of KFDA 6: 67-75 (2002)
7. Hong MK, Hwang IG, Choi DM, Lee KB, Oh GS, Oh GS, Lee EJ, Lee EK, Lee JS, Kim MC. Monitoring of pesticide residues in foods. The Annual Report of KFDA 7: 104-111 (2003)
8. Kim YG, Lim TG, Park SS, Heo NC, Hong SS. A study on residual pesticides in commercial fruits & vegetables. Korean J. Food Sci. Technol. 32: 763-771 (2000)
9. US FDA. Food and drug administration pesticide program, residue monitoring 2001 report. Washington DC, USA (2002)
10. European commission. Monitoring of pesticide residues in products of plant origin in the european union, Norway, Iceland and liechtenstein 2000 report, SANCO/687/02 final (2002)
11. European commission. Monitoring of pesticide residues in products of plant origin in the european union, Norway, Iceland and liechtenstein 2001 report, SANCO/20/03 final (2003)