J. Fd Hyg. Safety 20(3), 165–174 (2005)

광주지역 유통 농산물의 농약 잔류실태 조사연구

김종필 · 강경리 · 양용식 · 이향희 · 정재근 · 김은선†
광주광역시보건환경연구원

A Survey on Pesticide Residues of Commercial Agricultural Products in Gwangju Area

Jongpil Kim, Gyunglee Gang, Yongshik Yang, Hyanghee Lee, Jaekeun Chung, and Eunsun Kim†
Public Health and Environment Institute of Gwangju
(Received March 28, 2005; Accepted August 31, 2005)

ABSTRACT – This survey was conducted to monitor the current status of pesticide residues in agricultural products collected in wholesale markets and big retailers in Gwangju, in 2004. A total of 751 samples was analyzed by multiresidue method. Vegetables and fruits accounted for the largest proportion of the commodities analyzed and those two commodity groups comprised 604 (80%) and 83 (11%) of the total number of 751 samples. Of these 751 samples, 112 samples (14.9%) had pesticide residues and 29 samples (3.9%) had violative residues. The detection rate was the highest 25% in January and the lowest 9.5% in June. The violation rate was the highest 7.0% in March and the lowest 0% in April. The violation rate in wholesale products was higher than that in big retailer products, 5.8% verses 3.5%. And of 112 samples with pesticide residues, the agricultural product in which the pesticide residues were the most frequently detected was perilla leaf (17.9%) followed by korean lettuce (16.1%), spinach (8.0%) and korean cabbage (5.4%) and among 112 samples, 22 samples (20%) had more than one pesticide. Procymidone (20.3%), endosulfan (18.2%), dimethomorph (13.3%), chlorpyrifos (7.7%) and azoxystrobin (6.3%) were the most frequently found in agricultural product analyzed.

Key words: Pesticide, agricultural products, multiresidue method

농약은 병충해 및 잡초 등의 방제를 통해서 농산물의 생산량을 증대시키고 농산물의 품질향상과 유지보존의 목적으로 사용되고 있다. 물론 자연상태의 농산물이 소비자에게 공급되는 것이 가장 이상적이겠지만 농약을 사용하지 않을 경우 벼는 평균 30%, 채소류는 20~70%의 수량 감소를 보이고 과일은 무농약 재배가 불가능한 것으로 보고되고 있을 뿐 아니라[1,2] 인구의 증가로 인한 심각한 식량난을 해소하기 위해서도 농약의 사용은 불가피한 실정이다. 하지만 WWF (World Wildlife Fund) 등에서 선정한 내분비계 교란 추정물질 중 과반수 이상이 살충제나 살균제 같은 농약성분이 차지하고 있고 이들 물질들이 지하수로 스며들 경우 적은 양으로도 특히 어린이와 태아에게 면역계와 신경계에 커다란 영향을 줄 수 있는 것으로 보고 된 바 있다.[3,4] 이처럼 농약의 사용은 경제적인 이득이 있는 반면에 농약의 잔류로 인해 인간에게 위해를 끼칠 수 있는 가능성이 높기 때문에 농산물에 대한 안전성 확보는 국민보건 상 매우 중요한 과제로 대두되고 있다.

이같은 현상은 세계 모든 국가가 당면해 있는 문제로서 미국에서는 FDA(Food & Drug Administration)주관으로 농산물에 대한 잔류농약 모니터링을 매년 실시하여 공개하고 있으며,[5,6] 유럽공동체는 각 회원국별로 각 국가의 사정에 따라 조사대상 농약이나 농산물을 선택하여 잔류농약 모니터링을 실시하는 한편 유럽공동체 회원국들이 모두 참여하여 합동으로 모니터링하기도 한다.[7,8] 일본에서는 후생노동성에서 국립위생시험소와 지방 위생연구소 등의 협조를 받아 전국적으로 식품 중 농약잔류 실태를 조사하고 있다.[9]

우리나라에서는 1968년 처음으로 잔류농약 모니터링을 실시하였고, 그 후 1988년 27종의 농산물에 대해 17항목의 농약성분 잔류허용기준을 고시한 것을 시작으로 1995년에는 모든 농산물로 그 기준 적용을 확대하였다. 그러나 해마다 사용되는 농약의 종류가 계속 증가함에 따라 현재 검사대상 농약이 347종 고시되어 있는데 향후에도 지속적으로 확대될 전망이다.[10] 따라서 식품의약품안전청에서는 각 지방청 및 시·도 보건환경연구원과 함께 매년 정기적으로 유통농산물

†Author to whom correspondence should be addressed.

을 수거하여 검사하고 있고 그 결과를 농림부와 공유하여 농산물 재배단계에서 농약사용에 대한 안전기준이 준수될 수 있도록 노력하고 있으며, 향후 식품위생정책 및 농약 잔류허용기준 제·개정의 기초 자료로도 활용하고 있다.[11,12]

작물의 병충해 방제가 유기합성 농약에 의존하게 되었던 초기 단계에서는 잔류농약의 분석에 많은 어려움이 있었다. 고전적인 분석방법에 의존하였던 1940년대와 1950년대에는 분석시료를 정제하는데 많은 시간이 소요되었을 뿐 아니라 잔류농약을 검출함에 있어서도 paper chromatography나 적정 또는 비색법에 의한 정량방법을 사용하였기 때문에 극미량의 성분을 분석하기가 어려웠다.[13] 그 이후 분석기기로 GLC(gas-liquid chromatography), HPLC(high performance liquid chromatography), GC/MS(gas chromatography/mass), LC/MS(liquid chromatography/mass) 등이 개발되었고, 검출 system도 각 농약성분의 구조적 특성에 알맞은 검출기 등이 부수적으로 개발되어 왔다. 또한 시료의 정제에 필요한 새로운 물질들이 계속적으로 등장함으로써 현재에는 picogram 단위까지의 초미량 분석도 가능하게 되었다.[13]

분석장비의 발전은 분석법의 개발로 이어져, 초기에는 한두 종의 농약성분을 분석하던 방법들이 최근에는 한번의 전처리로 다종의 농약성분을 분석할 수 있는 동시 다성분 분석법이 개발되기에 이르렀다. 또한 보다 신속하고 빠른 결과를 얻기 위해 효소의 활성을 이용하여 UV로 측정하는 간이속성검사가 도입되기도 하였다.[14]

하지만 간이속성검사법은 분석할 수 있는 검체가 엽채류 위주로 한정되어 있고, 분석할 수 있는 농약의 성분 또한 제한되어 있어 생산자의 자체 농약 검사 등 특수한 목적에 한하여 사용되고 있는 실정이다. 최근에도 지속적으로 신종 농약들이 개발 중이며, 다종의 농약성분을 빠른 시간에 분석하여 위해한 농산물을 시민들이 소비하기 이전에 차단하는 것이 안전성 검사의 현 추세이기 때문에, 다양한 농약성분을 포함한 동시 다성분 분석법들이 지속적으로 연구?보고되고 있다.[15-18]

따라서 본 연구에서는 식품공전의 동시다성분 분석법[19]을 이용하여 잔류농약의 계절별, 농산물별, 농약의 종류별 등 다양한 검출 경향을 파악하여 이를 식품위생정책 및 잔류농약 안전성 검사의 기초 자료로 활용하고 또한 유통 중 농산물과 도매시장 유입 농산물에 대한 농약의 잔류성을 비교?분석하여 보다 효율적인 안전성 검사의 체계가 이루어질 수 있는 방안을 모색코자 하였다.

재료 및 방법

검사대상 시료

2004년 1월부터 12월까지 광주시내에서 유통 중인 농산물 631건과 서부 및 각화농산물도매시장에 유입되는 농산물 120건을 대상으로 농약잔류량 검사를 실시하였으며, 전체 시험대상 농산물 751건에 대한 분류는 Table 1과 같다.

분석에 필요한 표준품, 시약 및 초자

표준품은 Dr.Ehrenstorfer(Germany)제품을 사용하였고 물층과 유기용매층의 분리를 위해 사용한 NaCl은 Junsei (Japan)제품을, 추출용 시약으로 사용한 Acetonitrile은 Junsei (Japan) 특급 시약을 사용하였으며, 그 외 분석용 시약은 HPLC급 이상을 사용하였다. GC 분석을 위한 시료의 정제과정에서는 SPE-Florisil(solid-phase extraction, 500 mg, 12102050, Varian, U.S.A.)이 사용되었고, HPLC의 분석을 위한 시료의 정제는 SPE-NH_2(1g, 8B-S009-JCH, Phenomenex, U.S.A.)을 사용하였다. 분석시료의 최종 여과는 PTFE-syringe filter(0.45 μm, 6784 1304, Whatman, U.S.A.)를 사용 하였다.

분석기기

유기염소계 및 유기인계 등의 농약 성분은 GC-ECD (electron capture detector, Agilent 5890plus, U.S.A.)와 GC-NPD(nitrogen phosphorus detector, Agilent 6890N, U.S.A.) 및 GC/MS(Agilent 5973, U.S.A.)를, 휘발성이 낮고 극성이 높으며 열에 대해 불안정한 농약 성분 분석은 HPLC(Agilent 1100 series, U.S.A.)를 사용하였으며, 카바메이트계 농약 성분에 대해서는 post-column derivatization system(PICKERING, U.S.A.)을 사용하였다.

실험방법

시료채취 및 전처리방법은 식품공전 동시다성분분석법에 따라 실시하였으며 기기의 분석 조건은 Table 2 및 Table 3과 같다.[19] GC-ECD 및 GC-NPD를 이용하여 149종, HPLC-FLD(fluorescence detector) 및 HPLC-DAD(diode array and multiple wavelength detector)를 이용하여 47종의 농약성분을 분석하였으며, GC분석 농약성분의 확인에는 GC-MS(Agilent 5973 model)를 사용하였고, HPLC 분석 농약성분의 확인은 DAD를 이용하여 표준물질의 스펙트럼과 검출물질의 스펙트럼을 비교하여 확인하였다.

판정기준

농산물 중 잔류농약 검출 시 판정은 식품의약품안전청 고시 농약잔류허용기준에 준하였다. 다만 해당 농산물에 기준이 설정되어 있지 아니한 농약 검출 시 판정에 대한 잠정기준은 아래와 같다.[20]

1) CODEX 기준 적용

Table 1. The list of agricultural products tested

Classification	Product Name (Total Number of Sample)
Cereals (2)	Corn (1), Rice (1)
Potatoes (11)	Potato (8), Sweet potato (3)
Nuts & Seeds (1)	Chestnuts (1)
Fruits (83)	Apple (14), Apricot (1), Citron (1), Grapes (14), Kiwifruit (1), Korean plums (1), Mandarin (9), Peach (8), Pear (11), Persimmon (10), Plums (6), Strawberry (7)
Vegetables (604)	
Leafy vegetables	Broccoli (14), Cabbages (6), Chamnamul (4), Chicory (20), Chwinamul (2), Crown daisy (12), Kale (16), Korean cabbage (26), Korean lettuce (128), Leaf beet (4), Lettuce (6), Marsh mallow (2), Perilla leaves (43), Radish leaves (8), Spinach (26), Shinsuncho (4), Squashes leaves (1), Others (70)
Leave-stem vegetables	Celery (1), Leek (14), Welsh onion (8), Others (15)
Roots	Carrot (2), Ginger (5), Onion (1), Others (7)
Fruits vegetables	Cucumber (12), Eggplant (8), Fresh green (60), Korean melon (9), Melon (2), Squashes (25), Sweet peppers (9), Tomato (30), Watermelon (1), Others (3)
Mushrooms (31)	Oyster mushroom (8), Others (23)
Ginseng (1)	Fresh ginseng (1)
Others (18)	Bean sprouts (16), Mung-bean sprouts (2)
TOTAL	751

Table 2. Analysis condition of 149 pesticides by GC-ECD and GC-NPD

	GC-ECD	GC-NPD
Column	DB-5MS (30m×0.25mm×0.25μm)	DB-5MS (30m×0.25mm×0.25μm)
Carrier Gas flow	1.0 mL/min	1.0 mL/min
Inj. Temp.	250°C	250°C
Det. Temp.	290°C	310°C
Inj. Vol.	1.0 μL	1.0 μL
Oven Temp.	140°C(2min)-3°C/min-220°C(0min)-15°C/min-280°C(10min)	140°C(2min)-3°C/min-220°C(0min)-15°C/min-280°C(10min)

Table 3. Analysis condition of 47 pesticides by HPLC-UVD and HPLC-FLD

	HPLC-UVD (254nm)			HPLC-FLD (Em 455nm/ Ex 340nm)		
Column	Synergi 4μ Fusion-RP 80, C_{18} (250×4.60mm, 4μ)			Pickering C_{18} (250mm, 5μ)		
Mobile Phase	A: Acetonitrile B: Water			A: Methanol B: Water		
Post Column Reaction	-			*O*-Phthaldialdehyde, 0.05N NaOH		
Flow rate	1.0 mL/min			1.0 mL/min		
Inj. Vol.	20 μL			10 μL		
Gradient	Time(min)	A(%)	B(%)	Time(min)	A(%)	B(%)
	0.0	35	65	0.0	15	85
	3.0	35	65	0.5	15	85
	10.0	55	45	35.0	70	30
	40.0	70	30	45.0	70	30
	47.0	70	30	45.1	100	0
	47.1	100	0	46.1	100	0
	57.0	100	0	46.2	15	85
	57.1	35	65	56.0	15	85
	70.0	35	65			

2) 1)항에 적용되지 않을 경우 유사농산물 (대분류 및 소분류)의 최저 기준을 적용

3) 1),2)항에 적용되지 않을 경우 우리나라 농약 잔류허용기준 중 해당 농약의 최저기준 적용

결과 및 고찰

잔류농약 분석 결과

2004년 1월부터 12월까지 광주시내에서 유통 중인 농산물과 각화 및 서부 농산물도매시장에 유입되는 농산물 751건에 대한 잔류농약 검사를 실시한 결과 112건(14.9%)에서 잔류농약이 검출되었으며, 이 중 29건(3.9%)이 잔류농약 허용기준치를 초과하였다. 이와 같은 결과는 식품의약품안전청에서 2003년도에 조사한 잔류농약 모니터링의 검출률(16.8%)과 유사하였으나 부적합률(1.2%)은 높게 나타났고, 2002년 모니터링의 검출률(8.8%)과는 큰 차이를 보였으나 부적합률(4.2%)은 비슷한 양상을 보여주었다.[11,12]

한편 미국 FDA에서 실시한 미국 내 농산물 모니터링 조사 결과를 보면 2001년에는 농약 검출률이 41.8%, 부적합률이 1.2%였고 2002년에는 농약 검출률이 36.2%, 부적합률이 0.8%로 보고한 바 있다.[5,6] 또한 EU(European Union)의 보고서에서는 채소류, 과일류 등에 대하여 모니터링을 수행한 결과, 2001년의 경우 농약 검출률은 44%이고 이중 3.9%가 잔류허용기준을 초과하였고, 2002년의 경우 농약 검출률은 44%이고, 이중 5.5%가 잔류허용기준을 초과하는 것으로 보고하였다.[7,8] 미국과 EU의 모니터링 결과를 비교해 볼 때 농약 검출률은 본 연구결과와 큰 차이가 관찰 되었으나, 잔류허용기준을 초과한 부적합 농산물은 EU와 유사하였고, 미국과는 큰 차이를 보였다. 이러한 낮은 검출률은, 미국이나 EU에 비해 국내 농가에서 친환경 농산물을 지향하는 등 많은 노력을 기울이고 있는 결과로 판단되나, 상대적으로 높은 부적합률로 미루어 볼 때 아직까지도 일부 농가에서는 농약 사용지침을 제대로 준수하지 않는 것으로 사료된다.

월별 잔류농약 검출현황

잔류농약의 월별 검출현황을 살펴보면 6월에 최소의 검출률(9.5%)을 시작으로 9월에 17.9%로 점차 증가하는 경향을 나타냈는데 이는 농산물 재배 초기보다 수확철에 더 많은 농약을 사용하기 때문인 것으로 추정된다. 또한 동절기로 접어드는 10월에 10.3%의 검출률을 시작으로 11월과 12월 16.3%로 증가하다 1월에 연중 최대의 검출률(25%)을 나타내었다.

잔류허용기준을 초과한 부적합 농산물은 4월을 제외하고는 년중 꾸준히 검출되었으며, 3월에 최대의 부적합률(7.0%)을 나타내었다 (Fig. 1). 이렇듯 계절에 관계없이 높은 검출률을 보이고, 특히 1월에 최고의 검출률과 3월 및 11월에 부적합률이 높게 나타난 것은 기후 온난화와 하우스재배 등으로 계절작물의 의미가 퇴색되었기 때문으로 판단된다. 또한 하우스재배의 고온다습한 기온특성과 강우, 비산, 광분해 등에 의한 자연감소분이 노지 재배 시보다 감소한데서 기인한 것으로, 하절기와 마찬가지로 동절기에 생산되는 농산물에도 지속적인 안전관리가 필요할 것으로 판단된다.[21,22]

의뢰기관별 잔류농약 검출현황

관내 유통 중인 농산물과 도매시장에 유입된 농산물에 대해 잔류농약 검사를 실시한 결과는 Fig. 2와 같았다. 유통 중 농산물에 대해서 631건을 검사하여 72건이 허용기준을 초과하지 않는 범위에서 검출되어 11.4%의 검출률을 나타냈으며, 22건이 기준을 초과하여 3.5%의 부적합률을 나타내었다. 또한 도매시장에 유입된 농산물에 대해 잔류농약 검사를 실시한 결과를 살펴보면 120건을 검사하여 11건이 허용기준 내에서 검출되어 9.2%의 검출률을 보였으며, 7건이 잔류허용기준을 초과하여 5.8%의 부적합률을 나타내었다.

도매시장 유입농산물에 대해 잔류농약 검사를 실시한 것이 2004년 6월 이후이고 표본수가 상대적으로 적은 것을 감안하더라도 도매시장 농산물이 유통 중 농산물에 비해 높은 부적합률을 보인 것은, 도매시장 유입농산물이 산지 출하 후 바로 수거되어 잔류농약 검사가 이루어지기 때문에 보관기간이 유통 중 농산물보다 짧아 농약성분의 분해율이 낮기 때문으로 추측된다. 또한 시내 중?대형 마트에서는 생산자의 추적이 확실한 친환경 농산물이 주로 판매되고 있는데 반해 농산물도매시장에서는 일반농산물이 주로 유입되고 있는 것도 도매시장 농산물의 부적합률이 높은 하나의 원인으로 판단된다.

이러한 결과는 박 등의 보고[23]에서와 같이 유통 경로별 농약 잔류량에 관한 조사에서 재래시장>경매시장>대형매장의 순으로 검출빈도가 높게 나타난 사실과 권 등[21]의 조사에서 재래시장>중대형 유통점=농산물도매시장의 순으로 검출빈도가 높게 나타나고, 농산물도매시장>중대형 유통점>재래시장의 순으로 부적합률이 높게 나타난 것과 유사 하였다. 재래시장의 경우 본 연구에서는 조사되지 않았으나 박 등[23]과 권 등[21]의 결과를 볼 때 향후 지속적인 조사가 이루어져야 할 것으로 사료된다. 특히 권 등[21]의 부적합률에 대한 조사결과가 본 연구의 결과와 같이 농산물도매시장에서 가장 높게 나타난 것은, 농산물의 주요한 유통 과정 중의 하나인 농산물도매시장에 대한 지속적인 농산물 잔류농약 실태조사가 필요할 것이며 궁극적으로는 소비자들이 농산물을 구입하기 이전인 유통 전 단계의 농산물 안전성을 확보하는 차원에서 현장검사소의 필요성을 더욱 명확하게 반영해 주는 결과라고 할 수 있다.

농산물별 잔류농약 검출현황

농산물별 수거현황을 살펴보면 Fig. 3에서 보는 바와 같이

엽채류가 52.2%이고 과채류가 21.2%, 엽경채류가 5.1%, 과실류가 4.7% 버섯류가 4.1%, 기타 12.7%로 나타났으며, 이 중 대부분의 잔류농약이 엽채류에서 검출 되었다.

또한 조사대상 엽채류 392건 중에서 많이 의뢰된 농산물을 살펴보면 상추가 128건(32.7%)으로 가장 많았으며 깻잎이 43건(11.0%), 배추와 시금치가 26건(6.6%) 의뢰되었다. 또한 과채류 159건 중 고추가 60건(37.7%), 토마토가 30건(18.9%), 호박이 25건(15.7%), 오이가 12건(7.5%)의 순으로 의뢰되었다.

잔류농약이 검출된 112건의 농산물 중 많이 검출된 농산물의 비율을 살펴보면, 깻잎이 20건(17.9%)으로 가장 높은 검출률을 나타내었고, 상추가 18건(16.1%), 시금치가 9건(8.0%), 배추가 6건(5.4%)의 순으로 조사되었다. 또한 품목별 검출률을 살펴보면, 깻잎이 43건 중 20건(46.5%)으로 가장 높았으며 시금치가 26건 중 9건(34.6%), 배추가 26건 중 6건(23.1%), 상추가 128건 중 18건(14.1%)이 검출되어 가장 많이 의뢰된 상추보다 깻잎이 더 높은 검출률을 나타내었다. 이는 2002년도 부산지역 및 서울지역 농산물 잔류농약 실태조사의 결과와 일치하였다.[21,24)]

고추의 경우 의뢰건수 60건(37.7%)으로 과채류 중 가장 많이 의뢰되었으나 기준을 초과한 것은 없었고 5건에서만 일부 농약이 검출되었다. 2002년 서울시 연구결과에서도 고추에서의 부적합률이 낮게 나타났는데 이러한 낮은 부적합률은 엽채류에 비해 질량 대비 표면적이 작기 때문이고 또한 작물의 생육에 따른 희석효과를 고추잎과 고추로 비교한 성등의 보고와도 유사하였다.[25-28)]

잔류허용기준을 초과한 농산물 총 29건 중 부적합률이 높은 농산물의 비율을 살펴보면, 깻잎에서 7건(24.1%)으로 가장 높게 나타났으며 상추가 4건(13.8%), 배추가 3건(10.3%), 그 외 겨자, 버섯류, 미나리, 시금치, 쑥갓에서 각각 2건씩(6.9%)으로 나타났다(Fig. 4).

이와 같이 검출률 및 부적합률이 깻잎에서 동일하게 높게 나타난 것은 동일질량에 비해 상대적으로 표면적이 넓고, 표면이 거칠며, 좁은 장소에서 조밀하게 재배하는 특성에 기인한 것으로 사료된다.[26,27)] 또한 Table 4에서 보듯이 농약이 검출된 112건의 농산물 중 22건(20%)에서 2종 이상의 농약이 검출되었다. 일반적으로 두 종류 이상의 농약을 혼합하면 독성이 증가 될 수도 있다고 보고되고 있으며,[29-31)] 또한 식

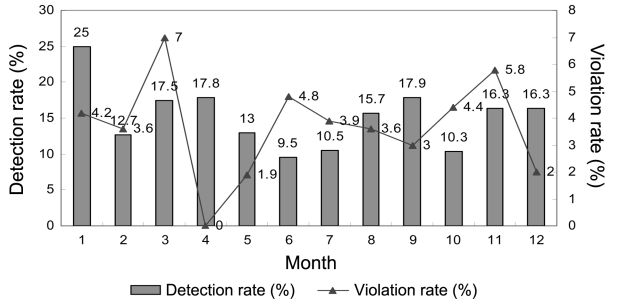

Fig. 1. Rate (%) of pesticide residue detected and violated by month in 2004.

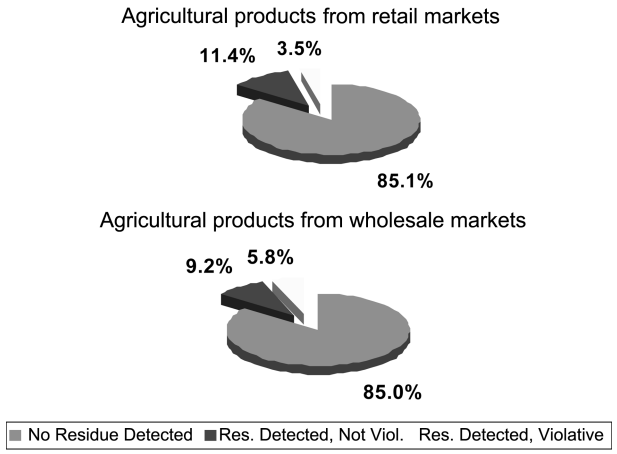

Fig. 2. Summary of results of agricultural products from retail and wholesale market.

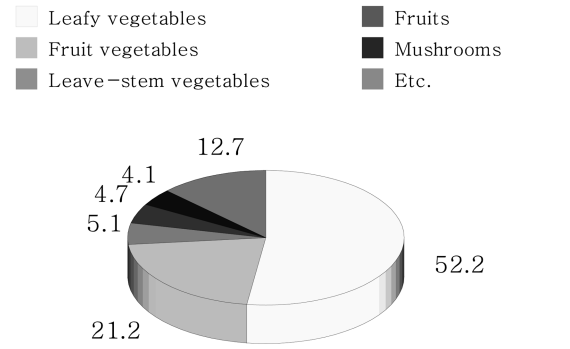

Fig. 3. Distribution (%) of agricultural products investigated in Gwangju, 2004.

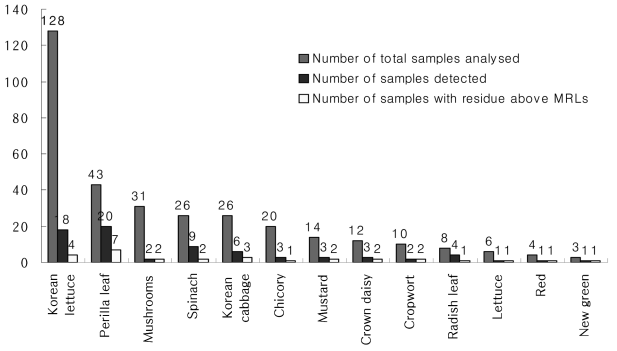

Fig. 4. The number of samples analysed, detected and violated by commodities.

Table 4. Overview of agricultural products with multiple pesticide residues.

Group / Commodities	No. of samples analysed	No. of samples with one or more residues		
		One residue	Two residues	Three or more residues
Vegetables				
Korean lettuce	18	13	3	2
Perilla leaf	20	13	6	1
Spinach	9	9		
Korean cabbage	6	5	1	
Chicory	3	2		1
Crown daisy	3	2	1	
Radish leaf	4	3	1	
Lettuce	1			1
Red	1		1	
New green	1			1
Mustard	3	3		
Leek	5	5		
Pepper	5	5		
Dropwort	2		2	
Tomato	5	5		
Others	12	12		
Fruits				
Pear	2	2		
Apple	4	4		
Strawberry	1	1		
Grape	2	1	1	
Citrus fruit	2	2		
Mushrooms				
Mushrooms	2	2		
Cereal				
Rice	1	1		
Total	112	90	16	6

탁에서 쉽게 접할 수 있고 생식이 가능한 엽채류라는 점에 주목해야 할 것이다. 이러한 유해농산물로부터 농약의 위해를 최소한으로 줄일 수 있는 세척 등 효과적인 방법들이 연구?보고 되고 있으며, 이러한 방법들을 실생활에 적용하여 실천함으로써 가정이나 급식시설에서 잔류농약을 제거하려는 노력들이 꾸준히 이루어져야 할 것으로 생각된다.[32-34]

농약별 검출현황

잔류농약별 검출 및 부적합 현황과 농산물 현황은 Fig. 5 및 Table 5와 같다. 조사대상 196항목 중 Azoxystrobin, Dimethomorph, Procymidone 등 21종의 농약이 143건 검출되었으며, 가장 검출빈도가 높은 농약은 Procymidone으로 29건(20.3%)이 검출되었고 이는 2003년도 식품의약품안전청

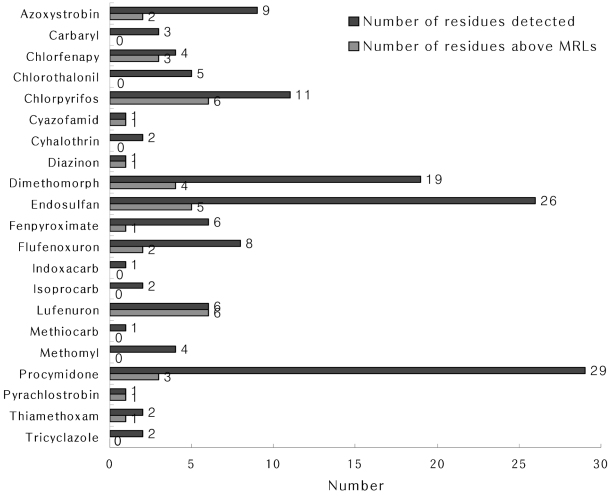

Fig. 5. Frequency of pesticide residue detected and violated.

잔류농약 모니터링, 2002년도 부산지역 잔류농약 실태조사 및 2002년 서울시 강북지역 유통농산물 중 잔류농약 실태조사의 결과와도 일치하였다.[11,21,35] 그 다음으로 Endosulfan이 26건(18.2%), Dimethomorph가 19건(13.3%), Chlorpyrifos가 11건(7.7%) 순으로 나타났으며 그 외 Azoxystrobin이 9건(6.3%), Flufenoxuron이 8건(5.6%), Fenpyroximate, Lufenuron이 각각 6건씩(4.2%) 검출된 것으로 조사되었다.

2003년 식약청 모니터링에서는 2003년도에 처음으로 검출된 Azoxystrobin이나 Flufenoxuron 등에 주의를 기울어야 한다고 보고한 바 있으며, 향후 분석업무에 있어서도 신종농약의 검사항목 추가 등에 세심한 주의를 기울일 필요가 있을 것으로 판단되었다.[11] 기준을 초과한 잔류농약 36건 중 Chlorpyrifos와 Lufenuron이 각각 6건(16.7%)으로 가장 많았으며, 그 다음으로 Endosulfan이 5건(13.9%), Dimethomorph가 4건(11.1%)으로 나타났다. 또한 검출된 21종의 농약 중 Diazinon이 겨자에서 기준(0.1 ppm)의 56배가 초과한 5.6ppm이 검출되었고, 미나리에서 Chlorpyrifos가 기준의 30배(기준 : 0.01 ppm, 검출량 : 0.3 ppm)를 초과하였다. 그 밖에 쑥갓과 레드에서 Chlorpyrifos가 각각 기준의 28배 (0.01 ppm, 0.28 ppm) 및 20배(0.01 ppm, 0.2 ppm)를 초과하였으며, 양상추에서 Dimethomorph가 기준의 12배(0.5 ppm, 6.0 ppm), 뉴그린에서 Chlorpyrifos가 10배(0.01 ppm, 0.1 ppm)를 초과하였다. 잔류허용기준의 10배 이상 초과된 3종의 농약 중 Chlorpyrifos가 4건으로 가장 많은 것으로 조사되었다.

본 연구에서 검출 및 부적합된 농산물은 대부분 우리나라 농약잔류허용 중 해당 농산물에 대한 기준이 설정 되어있지 않아 식품공전의 잔류농약 잠정허용기준을 적용하였다.[20] 첫째, CODEX 기준을 적용, 둘째, CODEX에 기준이 없는

Table 5. Frequency of detected and violated pesticides

Pesticides	Agricultural Products	Number of residue	Number of residue above MRLs
Azoxystrobin (9)	Perilla leaf	4	1
	Korean lettuce	1	1
	Lettuce	1	
	Korean cabbage	1	
Chlorfenapyr (4)	New green		1
	Korean cabbage		1
	Chicory		1
	Pepper	1	
Chlorpyrifos (11)	Dropwort		2
	Red		1
	New green		1
	Korean lettuce	1	1
	Crown daisy		1
	Korean cabbage	1	
	Grapes	1	
	Perilla leaf	1	
	Apple	1	
Dimethomorph (19)	Mustard		1
	Cabbage		1
	Korean cabbage	1	2
	Spinach	5	
	Korean lettuce	5	
	Perilla leaf	2	
	Radish leaf	1	
	Tomato	1	
Lufenuron (6)	New green		1
	Spinach		1
	Perilla leaf		1
	Chicory		1
	Korean cabbage		1
	Radish leaf		1
Procymidone (29)	Perilla leaf	6	2
	Cabbge		1
	Korean lettuce	4	
	Strawberry	1	
	Squashes	2	
	Tomato	3	
	Leek	4	
	Korean melon	1	
	Grapes	1	
	Mandarin	2	
	Sedum	1	
	Pepper	1	
Chlorothalonil (5)	Apple	1	
	Korean lettuce	1	
	Grapes	1	
	Cuccumber	1	
	Tomato	1	

Table 5. Continued.

Pesticides	Agricultural Products	Number of residue	Number of residue above MRLs
Carbaryl (3)	Apple	1	
	Pear	2	
Endosulfan (26)	Mushroom		
	Spinach	1	
	Crown daisy	1	
	Chicory	2	
	Red lettuce	1	
	Kale	1	
	Dropwort	2	
	Korean lettuce	5	
	Leek	1	
	Mallow	2	
	Red	1	
	Mustard	1	
	Chard	1	
	Pepper	2	
Cyhalothrin (2)	Radish leaf	1	
	Koran lettuce	1	
Indoxacarb (1)	Spinach	1	
Isoprocarb (2)	Crown daisy	1	
	Rice	1	
Methiocarb (1)	Radish leaf	1	
Methomyl (4)	Beat	1	
	Koran lettuce	1	
	Pepper	1	
	Chicory	1	
Cyazofamid(1)	Perilla leaf		
Diazinon (1)	Mustard		
Fenpyroximate (6)	Perilla leaf	4	
	New green	1	
Flufenoxuron (8)	Perilla leaf	3	
	Radish leaf	1	
	Chines cabbage	1	
	Korean cabbage	1	
Pyrachlostrobin (1)	Korean cabbage		
Thiamethoxam (2)	Korean cabbage	1	
	Chicory		
Tricyclazole (2)	Korean cabbage	1	
	Apple	1	

경우 유사한 농산물의 최저기준 적용, 셋째, 앞의 두 경우에 해당되지 아니할 때는 우리나라 농약 잔류허용기준 중 해당 농약의 최저 기준을 적용하여 판정하였다. 이처럼 아직까지 기준이 설정되어 있지 않은 농약이 많은 이유는 첫째, 농산물의 종류가 점점 다양해지고 새로운 농약의 개발이 지속적

으로 추진되고 있기 때문이며 둘째는 생산자가 농약사용지침에 의하지 않고 무분별하게 농약을 사용하여 발생된 것이라 생각된다.

본 조사에서 가장 많이 검출된 것으로 나타난 Procymidone은 신경과 혈액에 피해를 줄 수 있는 3,5-dichloroaniline으로 대사 될 수 있는 것으로 알려져 있고, 최근의 연구에 의하면 DDE, Vinclozolin, Linuron, Procymidone은 antiandrogens로 분류되어 있다.[36-38]

특히 일본 M.H.L.W.(Ministry of Health, Labour and Welfare)에서는 내분비계 교란물질로 선정한 바 있으며 국내에서는 아직까지 Procymidone을 내분비계 교란물질로 분류하고 있지는 않지만 향후 이에 대한 연구가 꾸준히 이루어져 농약의 사용량 규제 등 이에 대한 대책이 논의 되어야 할 것으로 사료된다.

미국 EPA(Environment Protection Agency)에 의해 보고된 바와 같이 뇌에 손상을 주는 것으로 알려진 Chlorpyrifos는 유기인계 살충제로서 적용범위가 넓어 과수 및 채소 등 각종 해충방제에 효과적이며, 우리나라에서는 1976년부터 시판되어 사용되어 왔다.[39,40] 앞서 언급한 Chlorpyrifos의 검출빈도와 부적합빈도로 미루어 볼 때 아직까지도 우리나라 농가에서 가장 빈번하게 사용되고 있는 농약의 일종으로 사료되며, 쥐에 대한 급성경구독성 LD_{50}이 135~163 mg/kg이고 토끼에 대한 급성경피독성 LD_{50}은 2,000 mg/kg으로 독성이 강한 극물로 취급되고 있어, 농약사용지침의 준수에 대한 홍보나 대체 할 수 있는 농약 등 대책마련이 시급한 실정이다.[40]

현재의 농산물 안전성 검사는 구청에서 관할지역내에 유통 중인 농산물 위주로 수거하여 검사를 의뢰하고 있기 때문에 농산물을 수거해서 결과가 나오기까지 상당한 시간이 소요되어 이미 농산물이 다 소비된 이후에야 검사가 완료되기 때문에 검사의 효율성에 대해 끊임없이 지적을 받아 왔다. 따라서 이러한 사후 감시 체계 보다는 예방차원의 안전성 검사를 실시해야 한다는 소비자의 요구에 대응하기 위하여 일부 시?도 자치단체에서는 농산물도매시장 현장검사소의 설치를 완료하였거나 현재 진행 중이다. 나머지 시?도에서도 유통 중인 농산물의 안전성 검사와 함께 유통 전 유해농산물을 사전에 차단할 수 있는 도매시장의 현장검사소 체제가 병행되어야 할 것으로 사료되며, 신종 농약을 포함한 많은 농약의 신속한 검사를 위해 분석방법의 개발 또한 꾸준히 이루어져야 할 것이다.

결 론

2004년도 유통 중 농산물과 도매시장 내 유입된 농산물에 대해 잔류농약 검사를 실시하였으며 이에 대한 결과는 다음과 같다.

1. 유통 중 농산물 631건과 도매시장 유입 농산물 120건에 대해 잔류농약 검사를 실시하였으며 분석대상 농약은 196종으로 동시 다성분 분석법을 이용하여 분석하였다.

2. 조사대상 농산물 751건 중 112건 (14.9%)에서 농약이 검출 되었으며, 이 중 29건 (3.9%)에서 잔류 허용기준을 초과 하였다. 농약이 검출된 112건의 농산물 중 22건 (20%)에서 2종 이상의 농약이 검출되었다.

3. 월별 농약의 잔류분포를 보면 1월에 최대의 검출률(25%)과 6월에 최소의 검출률(9.5%)을 나타내었다. 또한 3월에 최대의 부적합률(7.0%)을 보였고 4월에 최소의 부적합률 (0%)을 보였다.

4. 유통 중 농산물 총 631건을 검사하여 72건(11.4%)이 허용기준을 초과하지 않는 범위에서 잔류농약이 검출되었고 22건(3.5%)이 허용기준을 초과하였다. 또한 도매시장에 유입된 농산물 총 120건 중 11건(9.2%)이 허용기준 내에서 잔류농약이 검출되었고 7건(5.8%)이 기준을 초과하였다.

5. 농산물별 수거현황을 보면 엽채류가 52.2%로 가장 많았으며 과채류가 21.2%, 엽경채류가 5.1%, 과실류가 4.7%, 버섯류가 4.1% 순으로 나타났으며, 엽채류 392건 중에서 상추가 128건(32.7%)으로 가장 많이 수거가 되었다. 다음으로 깻잎이 43건(11.0%), 시금치와 배추가 26건(6.6%) 이었다.

6. 농산물별 잔류농약 검출현황은 깻잎이 43건 중 20건(46.5%)으로 가장 많았고 다음이 상추로 128건 중 18건(14.1%), 시금치가 26건 중 9건(34.6%), 배추가 26건 중 6건(23.1%)으로 나타났다. 잔류허용기준을 초과한 농산물 총 29건 중에서는 깻잎이 7건(24.1%)으로 가장 높게 나타났고 상추가 4건(13.8%), 배추가 3건(10.3%)으로 나타났다.

7. 잔류농약별 검출현황을 보면 조사대상 196항목중 Azoxystrobin, Dimethomorph, Procymidone 등 21종의 농약이 143건에서 검출되었으며, 가장 검출빈도가 높은 농약은 Procymidone으로 29건(20.3%)이 검출되었으며, 다음으로 Endosulfan이 26건(18.2%), Dimethomorph가 19건(13.3%), Chlorpyrifos가 11건(7.7%) 순 이었다. 그 외 Azoxystrobin이 9건(6.3%), Flufenoxuron이 8건(5.6%), Fenpyroximate, Lufenuron이 각각 6건(4.2%)씩 검출되었다. 기준을 초과한 잔류농약 36건 중 Chlorpyrifos와 Lufenuron이 각각 6건(16.7%)으로 가장 많았고 Endosulfan이 5건(13.9%), Dimethomorph가 4건(11.1%)으로 나타났다. 또한 기준을 가장 높게 초과한 농약은 겨자에서 Diazinon으로 기준(0.1 ppm)의 56배(5.6 ppm)가 초과 되었으며, 기준의 10배 이상 초과된 3종의 농약 중에서는 Chlorpyrifos가 4건으로 가장 많은 것으로 조사되었다.

참고문헌

1. Takayuki Shibamoto: Resticide regulation and Residue monitoring in the United State of America. *食衛誌*, 43: pp.167 (2002).
2. Korea Agricultural Chemicals Industrial Association: Non-fertilizer and non-agricultural chemicals cultivation. *J. Agric. Chem. Inform*. KCPA 14: 13-15 (2001).
3. James, W.J. and Lan, H.C.: Pesticide, fertilizer mixes linked to range of health problem. University of Winsconsin March, (1999).
4. Warren, P.P., James, W.J. and Lan, H.C.: Endorcine, immune and behavioral effects of aldicarb (carbamate), atrazine (triazine) and nitrate (fertilizer) Mixtures at groundwater concentrations. *Toxicology and Industrial health,* 15(1-2) (1999).
5. U.S.Food and Drug Administration: Food and Drug Administration Pesticide Program, *Residue Monitoring* (2001).
6. U.S.Food and Drug Administration: Food and Drug Administration Pesticide Program, *Residue Monitoring* (2002).
7. 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).
8. European Commission: Monitoring of Pesticide Residues in Products of Plant Origin in the European Union, Norway, Iceland and Liechtenstein 2002 Report, SANCO/17/04 final, (2004).
9. 후생노동성 생활위생국 식품화학과편: 식품 중 잔류농약, *일본식품위생협회*, (1999).
10. 식품의약품안전청: 고시 제 2004-18호.
11. 식품의약품안전청: *식품의약품안전청 연구보고서*, 제7권: 104-111 (2003).
12. 식품의약품안전청: *식품의약품안전청 연구보고서*, 제6권: 67-75 (2002).
13. 정영호, 송병훈, 최주현, 임건재, 김찬섭, 임양빈: 농약잔류성 시험법. *농촌진흥청 농약연구총설-3.* 1-31 (1992).
14. Chiu, C.S., C.H. Kao and E.Y. Cheng.: Rapid Bioassay of Pesticide Residues (RBPR) on Fruits and Vegetables, *J. Agric. RES. China* 40(2), 188-203 (1991).
15. 이집호, 김욱희, 장민수, 손여준, 김정헌: Gas Chromatography-Mass Selective Detector (SIM)를 이용한 36종 유기염소계 농약의 동시분석. *서울특별시보건환경연구원보*, 제38권: 200-208 (2002).
16. 신기영, 강희곤, 조남준: APCI LC/MS를 이용한 농산물 중의 잔류농약 동시분석. *서울특별시보건환경연구원보*, 제38권: 216-231 (2002).
17. 김복순, 김남훈, 승현정, 김경식, 김명희: HPLC-UVD를 이용한 42종 농약성분의 동시 다성분 분석법에 관한 연구. *서울특별시보건환경연구원보*, 제38권: 241-250 (2002).
18. 최용훈, 곽효선, 성준현, 전광수, 채갑용: GC-MS를 이용한 잔류농약 신속검사법 개발. *식품의약품안전청연구보고서*, 제7권: 315-322 (2003).
19. 식품의약품안전청: 식품공전(별책), 제7.일반시험법: 258-263 (2002).
20. 식품의약품안전청: 식품공전, 제3.식품일반에 대한 공통기준 및 규격: 46-47 (2002).
21. 권혁동, 구평태, 최경희, 조현철, 이원구, 빈재훈, 이상훈: 부산지역 유통 농산물의 농약 잔류실태 조사연구(Ⅲ). *부산광역시보건환경연구원보*, 12권: 76-93 (2002).
22. 김태화, 이재영, 유용만, 김장억: 신규 살균제 KNF 1002의 오이 및 고추 중 잔류특성. *한국환경농학회지*, 22(3): 227-232 (2003).
23. 박성민, 이미영, 강현각, 송낙수, 이천용: 도내 유통되는 농산물의 농약 잔류량 조사와 안전성 연구. *충남보건환경연구원*, 11 (2000).
24. 조한빈, 김정헌, 김연천, 신기영, 황래홍, 박주성, 이집호, 조태희, 김태랑, 김욱희, 홍인석, 홍채규, 장민수, 최영희, 서영호, 손여준, 박상훈, 조인순, 진영희, 강희곤, 조남준: 시중 유통농산물 중의 농약 잔류실태 연구(Ⅹ). *서울특별시보건환경연구원보*, 제38권: 184-193 (2002).
25. 이성득, 김복순, 이상미, 양혜란, 박양순, 김수진, 윤용태, 조진호, 김남훈, 강희곤, 김명희: 서울북부지역 유통 농산물 중의 내분비계교란물질 검출에 관한 연구(Ⅱ). *서울특별시보건환경연구원보*, 제38권: 232-240 (2002).
26. Ripley, B.D., Ritcey, G.M., Harris, C.R., Demomme, M.A. and Brown, P.D.: Pyrethroid insecticide residues on vegetable crops. *Pest. Manag. Sci*, 57: 683-687 (2001).
27. Hill, B.D. and D.j. Inaba: Rate and persistence of residues on wheat used to explain efficacy differences between SC and EC formulations. *Pesticide Science*, 29: 57-66 (1990).
28. 성기용, 최규일, 정몽희, 허장현, 김정규, 이규승: 시설재배 고추중 Bitertanol 및 Tebuconazole 잔류양상. *한국농화학회지*, 47(1): 113-119 (2004).
29. Frawley, J.P., Fuyat, H.N., Hagan, E.C., Blake, J.R. and Fitzhugh, O.G.: Marked potentiation mammalian toxicity from simultaneous administration of two anticholinesterase compounds. *J. Pharmacol. Exp. ther*. 121, 96-106 (1957).
30. 양광록, 심재한, 서용택: 농약 상호간의 협력작용에 의한 잉어의 독성과 해독효소 활성의 비교. *한국농화학회지*, 35(5): 367-374 (1992).
31. 김학성, 오기완: 독성학. *개신*, 262-263 (2001).
32. 이종미, 이혜란, 남상민: 수세 방법에 따른 깻잎의 잔류농약 제거율 연구. *한국식품과학회지*, 35(4): 586-590 (2003).
33. 심애련, 최인호, 이서래: 과일채소 중 말라티온 잔류분의 세척효과. *한국식품과학회지*, 16(4): 418-422 (1984).
34. Yoshikazu, M. and Shunichi, T.: Removal of residual pesticides in fruits and vegetables. *J. Food Hyg. Soc*, 17: 413

(1976).
35. 김복순, 이상미, 이성득, 김수진, 양혜란, 박양순, 윤용태, 조진호, 김남훈, 육동현, 송영미, 박영애, 이호찬, 김영수, 강희곤, 김명희: 서울시 강북지역 유통 농산물 중의 농약잔류실태조사(Ⅳ). *서울특별시보건환경연구원보*, 제38권: 251-261 (2002).
36. EPA: Prevention, pesticides and toxic substances (7508c), (1998).
37. http://www.kuaida-agrochem.com/pages/product16-e.htm.
38. Sheilla, K., and Jim, M.: Chemicals in the environment come under scrutiny as the number of childhood learning problem soars. *US News & World Report*, vol 128, Issue 24, pp.47 (2000).
39. Environment reseach foundation: Rachel's environment & health news # 752, (2002).
40. 양환승, 이두행, 이병찬: 삼정 신농약. *향문사*, pp.286 (1998).