부산광역시 보건환경연구원보 제10권, 66~86(2000)
Rep. Busan Inst. Health & Environ. Vol.10, 66~86(2000)

부산지역 유통 농산물의 농약 잔류실태 조사연구(I)

농 산 물 분 석 과

권혁동 · 구평태 · 조현철 · 하상태 · 이상훈

A Study on the Pesticide Residues of Circulating Agricultural Products in Busan Area(I)

Agricultural products analysis division

Hyuk-Dong Kwon, Pyung-Tae Ku, Hyeon-Cheol Jo, Sang-Tae Ha and Sang-Hun Lee

Abstract

This study was carried out to monitor the pesticide residues of circulating agricultural products in Busan area. A total of 727 samples that were classified by official book of foods were collected in 13 sampling places of Busan, and analyzed by GC(MSD, ECD, NPD) and HPLC(UVD).

The results were as follows : Among the agricultural products, the residual pesticides were detected in 57 samples(7.84%), and detected over MRLs in 13 samples(1.79%). Of agricultural products detected, perilla leaves(4 samples) was detected with considerable high frequency, and excess ratio of leafy vegetables was higher than fruits and fruit vegetables. Among the 12 kinds of the pesticides detected on this study, procymidone(25 samples) was detected with considerable high frequency, 6 pesticides of them were detected over MRLs. Detection and excess frequency among 16 sampling places was highest in Haeundae-gu, and not detected in Puk-gu and Tong-gu. In the monitoring periods, fungicide was shown high detection frequency in first and second quarter, insecticide was highest in third quarter. But, both of two types, excess frequency were highest in third quarter.

Key words : pesticide residue, agricultural products

서 론

농작물의 병해충을 방제할 목적으로 사용하는 농약은 잡초방제에 소요되는 노동인력을 절감시킬 뿐 아니라 농작물의 품질향상과 생산량 증산을 가져오는 필수 불가결한 농자재이다[1~7]. 그러한 당위성에도 불구하고 농약은 독성을 함유하고 있으며 농산물이나 주위환경에 잔류하여 인·축에 직·간접적으로 피해를 주거나 토양에 잔류하여 다음 작물에 흡수, 이행되는 것이 문제가 되기 때문에 적절한 사용기준을 정해놓고 그 안전사용기준을 준수하여 사용하도록 명시하고 있으며, 또 각각의 농산물별로 농약잔류허용기준을 정해 놓고 안전성 검사를 시행하고 있다.

농약은 우선 특정한 생물지표를 이용하여 안전성 평가를 거친 후 실험동물에서 일생을 투여해도 위해 효과가 나타나지 않는 약량(NOAEL ; No Observable Adverse Effect Level)을 구한 다음, 이를 사람에게 적용할 때의 안전성(SF ; Safety Factor)을 고려하여 1일 섭취허용량(ADI ; Acceptable Daily Intake), 즉 일생을 매일 섭취해도 현재 알려진 바람직하지 않은 영향이 나타나지 않는 화합물의 1일 섭취허용량을 구해 국민의 평균체중(kg)과 각 나라·민족마다 식생활 습관이나 조리방법을 고려한 식품계수(F ; Food Factor)를 감안해서 잔류허용기준(MRL ; Maximum Residue Limit)과 작물별 사용시기, 사용횟수 등 농약안전사용기준이 설정되어진다[1,4].

잔류허용기준(MRL) = [ADI × 국민 평균체중(kg)] / [F×1일 섭취량]

농약은 농업 생산량의 증대와 질병퇴치 면에서 커다란 성공을 거두었지만 그럼에도 불구하고 지속적인 사용으로 야기되는 이차 병해충의 발생(secondary infestation)과 저항성 유발, 야생 생태계 파괴, 수자원 오염, 인간의 건강에 대한 위험성 등으로 인해 현재까지 독성이 낮으면서 방제효과가 우수한 새로운 농약의 개발이 꾸준히 요구되어져 왔다[3,8,9]. 최근엔 소비자들의 식생활 수준이 향상됨에 따라 식품의 안전성에 대한 기대치와 농약의 위험성에 대한 경각심이 높아져 병해충 특이적 농약에 대한 연구가 활성화되고 농약의 의존성을 낮추는 방제법이 다시 강조되고 있다. 오늘날 기존의 합성 농약을 대체할 천연의 농약인 생물농약의 개발이 활발히 이루어지고 있는데, 대표적인 것으로는 특정 곤충의 소화기관에 해를 끼치는 단백질 독소를 생산하는 세균인 *Bacillus thuringiensis*(BT)의 변종과 같은 미생물농약(Microbial pesticides), 유전적 조작을 통해 해충을 방제하는 물질을 직접 생산하게 하여 그 식물체 자체가 농약 기능을 갖게 하는 식물농약(Plant pesticides), 그리고 식물생장조절물질과 같이 잡초의 생장과 씨발이를 방해하는 물질이나 페로몬(pheromones)과 같이 곤충을 유인하거나 기피하게 하는 물질을 포함하는 생화학농약(Biochemical pesticides)을 들 수 있다. 이들 소위 제3세대 농약이 갖추어야 할 특성은

저독성, 특이성, 고활성, 속분해성(비잔류성)이다. 현재의 농약이 유발하는 여러 문제점들이 쌓여갈수록 앞으로 이 새로운 농약에 대한 수요가 그 만큼 늘 것으로 예상된다[4]. 농약은 급성독성의 수준에 따라 구분되는데, 현재 국내 등록된 농약은 889종(2000년)으로 품목별 독성은 고독성 20종(2.3%), 보통독성 179종(20.1%), 저독성 690종(77.6%)의 분포를 보이며, 맹독성 농약은 1종도 등록되어 있지 않다[4]. 살포된 농약의 작물 내 잔류성은 보통 다음 요인에 의해 결정되는데, 첫째는 작물의 부착성으로 농약 제제에 따라 차이가 있지만 대부분이 토양에 떨어지고 약 30~50%이하가 작물에 부착하는 것으로 알려져 있으며[4, 7, 10], 둘째는 작물의 표면적과 성상으로 단위중량에 비해 상대적으로 표면적이 넓은 엽경채류가 과실류나 과채류에 비해 잔류량이 훨씬 많고 과실 중에도 크기가 작은 과일이 상대적으로 표면적이 커지므로 포도나 살구 등이 사과나 배와 같은 큰 과일 보다 잔류량이 많다는 보고도 있다. 또 복숭아와 살구처럼 표면에 털이 나있거나 배와 딸기처럼 표면이 거친 작물이 매끈한 작물 보다 잔류성이 큰 것으로 알려져 있다[11~22], 또 다른 요인으로 햇빛에 의한 광분해, 강우에 의한 용해 및 유출, 휘산에 의한 소실, 비대성장에 의한 희석효과 정도인데 비를 맞지 않고 바람이 차단되며 습도가 높고 자외선 투과량이 적은 비닐하우스 재배작물이 상대적으로 노지 재배작물에 비해 잔류량이 많은 것으로 알려져 있다[3, 7, 11, 12]. 또한 최근 잠시 감소추세(96년 3,209 → 97년 2,464 → 98년 1,570M/T)를 보이던 국내 농약 생산량도 99년(2,570M/T)부터 다시 증가되기 시작했고[14], 최근 식품 속에 잔류하는 유해물질에 대한 국민적 관심은 언론을 통한 과대 포장된 잔류농약 검출에 관한 보도 등으로 인해 날로 증가하는 추세이고 보면, 농약이 생산성 향상을 위한 필수 재료라 하더라도 식품에 잔류하여 만에 하나라도 인체에 위해요인이 된다면 큰 문제가 아닐 수 없기 때문에 독성이 적고 효용성이 뛰어난 농약의 개발이나 이들 농약의 잔류량에 대한 조사와 그 잔류한 농약의 독성에 관한 정확한 평가 또한 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

본 연구는 이러한 관점에서 현재 부산시내 유통되고 있는 농산물을 대상으로 매년 지속적으로 농약 잔류량을 측정하고 그 결과를 분석하여 생산자에게는 농약의 올바른 사용을 제시하고, 소비자에게는 현 농약 잔류실태와 농약관련 정보를 제공하며 식품위생을 담당하는 행정 부서에는 농산물 안전성 확보관련 정책의 수립에 기초자료를 제공하는 차원에서 실시하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

실험에 사용된 재료는 2000년 1월부터 12월까지 1년 동안 부산시내 유통 농산물을 대상으로 식품안전관리지침에 따라 시 보건위생과 및 각 구·군에서 수거한 농산물과

보건환경연구원 농산물분석과에서 엄궁동 농산물도매시장을 대상으로 자체 구입한 농산물, 총 82개 품목 727건의 농산물을 대상으로 하였으며 조사대상 작물의 분포는 Fig. 1과 같다.

대상작물로는 엽경채류가 35개 품목 245건(33.7%)으로 가장 많았고, 두(체)류 3개 품목 200건(27.5%), 과실류 15개 품목 98건(13.5%), 과채류 8개 품목 89건(12.2%), 근채류 6개 품목 37건(5.1%), 버섯류 4개 품목 32건(4.4%), 기타 7개 품목 26건(3.6%)의 순이었으며, 기타 작물은 향신식물 4개 품목 13건, 야생식물 3개 품목 9건, 곡류 3개 품목 3건, 서류 1개 품목 1건이었다.

2. 실험방법

가. 실험방법 및 대상농약

본 조사에 사용된 농약 잔류량 측정은 기본적으로 식품공전의 동시 다성분 시험법에 따랐으며[15], 대상농약은 일반 농산물의 경우 GC(ECD/NPD)분석이 가능한 125종, 두(체)류의 경우는 HPLC (UVD) 분석이 가능한 카벤다짐과 치아벤다졸을 동시 분석하였다.

나. 기기분석 및 분석조건

본 조사에서 농약 잔류량 측정은 GC/MSD를 이용하여 작물내 농약의 잔류여부를 1차적으로 검색한 후 검출된 농약에 대하여 GC(ECD/NPD)를 이용하여 검출농약의 잔류량을 정량 분석하는 방식으로 진행하였다. 이 때 사용된 기기 및 분석조건은 Table 1과 같다.

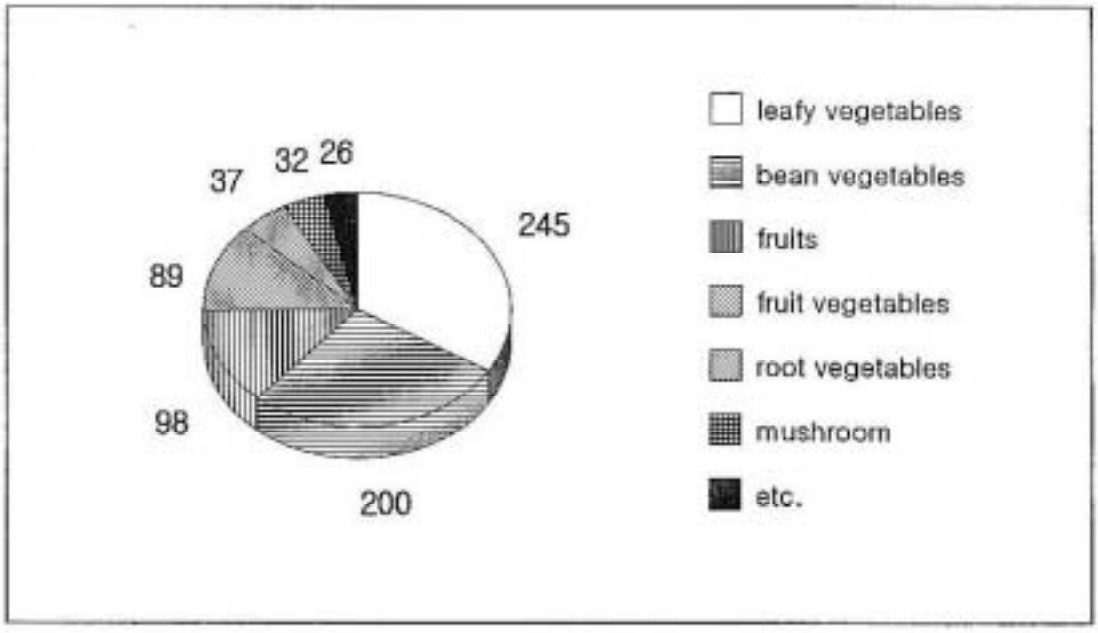

Fig. 1. Distribution of samples investigated in Busan, 2000.

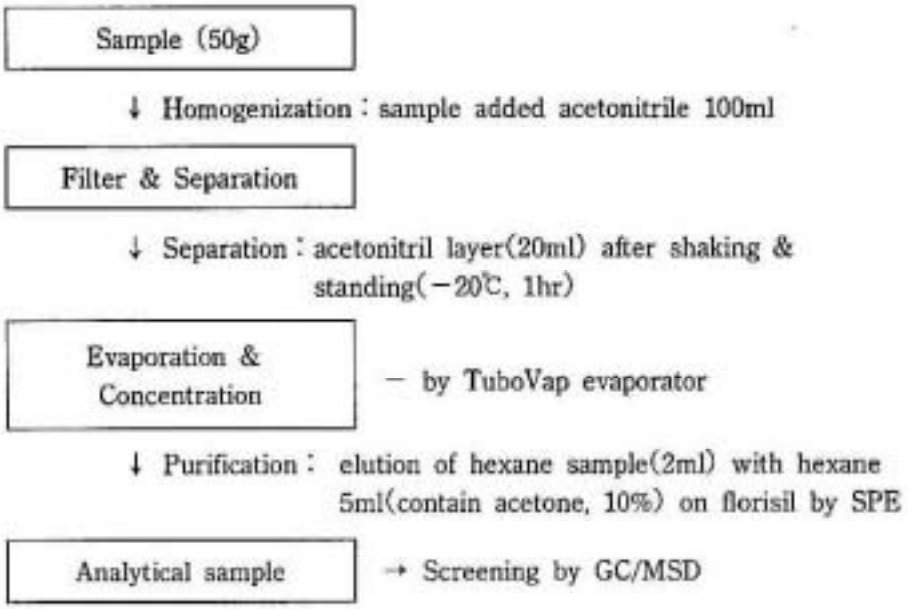

Fig. 2. Schematic diagram of sample preparation method for screening of multi-residue pesticides.

Table 1. Analytical condition for residual pesticides analysis

	GC (MSD)	GC (ECD/NPD)		HPLC (UVD)
Instruments	Hewlett Packard 6890GC/5972MSD	Hewlett Packard 5890 series II	Instruments	Hewlett Packard 1100 series
Column	HP−5MS 30m×0.25㎜×0.25μm	Utra−2 25m×0.2㎜×0.11μm	Column	ODS Hypersil 200㎜×4.6㎜, 5μm
Oven	100℃(2min) | 20℃/min 200℃(1min) | 5℃/min 260℃(15min)	150℃(3min) | 10℃/min 200℃(1min) | 3℃/min 240℃(8min)	Mobile phase	MeOH/ACN/0.01% NH3 sol. (40/20/40)
Injector(Inlet) Temp.	260℃	260℃	Flow rate	0.6 ml/min (Injection V.=10μℓ)
Detector(Aux) Temp.	280℃	280℃	Detector	DAD, 286nm

결과 및 고찰

부산지역에서 유통되는 농산물을 대상으로 농약 잔류량을 측정하였다. 이를 바탕으로 최근의 작물별 농약사용 현황을 파악하기 위해 개별 작물과 분류군별, 농약별 또는 농약종류별 검출 및 기준 초과율을 조사하였고, 또한 유통시기와 유통지역별 검출현황을 파악하기 위해 월별·분기별 농약 검출실태와 시료수거 구·군별로 검출실태를 조사하였다.

1. 대상작물별 농약 현황

검사대상 총 82개 품목 727건의 작물 중 농약이 검출된 경우는 24개 품목 57건으로 약 7.84%의 검출율을 나타내었고, 그 중 기준을 초과한 경우는 9개 품목 13건으로 1.79%의 기준 초과율을 나타내었다. 이러한 기준 초과율 1.79%는 서울의 1.6%에 비해 약간 높은 결과이지만 우리나라의 평균 초과율이 약 3~4% 정도로 알려져 있고 미국 등의 선진국이 1%대인 점을 감안하면 매우 양호한 결과라고 할 수 있다. 하지만 이러한 양호한 결과에 낙관만 할 수 없는 것은 현재의 구·군에서 실시하는 시료수거과정이 대부분 어느 정도 자체적인 관리가 이루어지고 있는 대형 백화점이나 대형 할인매장을 중심으로 이루어진다는 점이다. 이러한 사실은 충남에서 실시한 유통경로별 농약 잔류량에 관한 조사에서 재래시장 > 경매장 > 대형매장의 순으로 검출빈도가 높게 나타난 것을 통해 추정해 볼 수 있을 것이다. 이러한 점에서 농산물의 주요한 다른 유통과정인 재래시장과 농산물 도매시장에 대한 농약 잔류실태조사의 필요성이 있는 것으로 보여진다.

가. 작물별 농약 검출 및 기준초과 현황

1) 검출빈도

작물별로 농약 검출빈도는 방울토마토가 8회(16.3%)로 가장 많았고, 다음이 깻잎으로 6회(12.2%)였고, 사과·오이·양상추·복숭아가 각 4회(8.2%), 토마토와 딸기가 각 3회(6.1%), 쑥갓·시금치·배추·미나리·로메인이 각 2회(4.1%), 기타(상추·참다래·배·적상추·샐러리·적치커리·포도·오렌지·메론·가지·얼갈이) 작물이 각 1회 순으로 높게 나타났다(Fig. 3).

2) 기준 초과빈도

작물별로 기준초과 빈도는 깻잎이 4회(30.8%)로 가장 많았고, 사과가 2회(15.4%), 그리고 나머지 7개 품목(오이·복숭아·쑥갓·시금치·상추·적상추·샐러리)이 각 1회씩 기준을 초과한 것으로 나타났다.

이상의 결과에서 연속적으로 수확되어 단위면적 당 농약 부착량이 많을 것으로 예상되는 채소류로서 상대적으로 표면적이 넓거나 혹은 크기나 외형상의 특징을 가진 방울토마토와 깻잎이 높은 검출빈도를 보였는데, 이는 앞서 언급하였던 것처럼 상대적으로 타 작물에 비해 농약의 잔류가 용이한 작물인 때문으로 추정된다. 또한 여기서 주목할 점은 방울토마토의 8회에 이어

Mini-Tomato

Perilla leaves

Apple

Cucumber

Head lettuce

Peach

Tomato / Strawberry

Crown daisy

Spinach

Chinese cabbage

Water dropwort / Romaine(Cos) lettuce

Lettuce / Melon / Eggplant

Kiwi / Grape

Pear / Red lettuce

Celery / Red chicory

Orange

Small cabbage (Ulgali)

Fig. 3. Distribution of detected pesticides in main agricultural products.

두 번째(6회)의 검출빈도를 보인 잿잎은 기준 초과빈도에 있어서도 4회(30.8%)로 가장 높았으며, 검출된 농약의 종류도 5종으로 가장 다양한 검출양상을 나타내었다. 이러한 사실은 최근 문제가 되고 있는 소면적 재배작물의 대표적인 작물로 알려진 잿잎의 실상을 보여주는 결과라고 할 수 있다. 이 작물들은 소규모로 재배되기 때문에 다양한 농약제품이 생산되지 못하고 잔류허용기준도 마련되어 있지 않은 경우가 많다. 따라서 적용 가능한 농약의 선택범위가 좁아 임의로 사용할 경우 적정사용 약량, 안전사용기준 등이 없어 오·남용으로 인한 약해 및 농약 과다잔류 농산물의 생산을 유발하게 되고, 또한 기준 미설정으로 인해 상대적으로 불리한 기준을 적용을 받게되어 부적합 판정을 받을 소지가 높다.

나. 식물 분류군별 검출 및 기준초과 현황 (Fig. 4)

1) 검출 현황

총 57건의 농약검출 작물을 식품공전 식물원재료 분류에 따라 구분하면, 검출빈도는 엽경채소류 25회(43.9%) 〉 과채류 19회(33.3%) 〉 과실류 13회(22.8%) 의 순이었으나, 검사대상 건수를 감안한 검출율은 과채류 21.3%〉과실류 13.3%〉 엽경채소류 10.2%의 순으로 나타났다.

2) 기준초과 현황

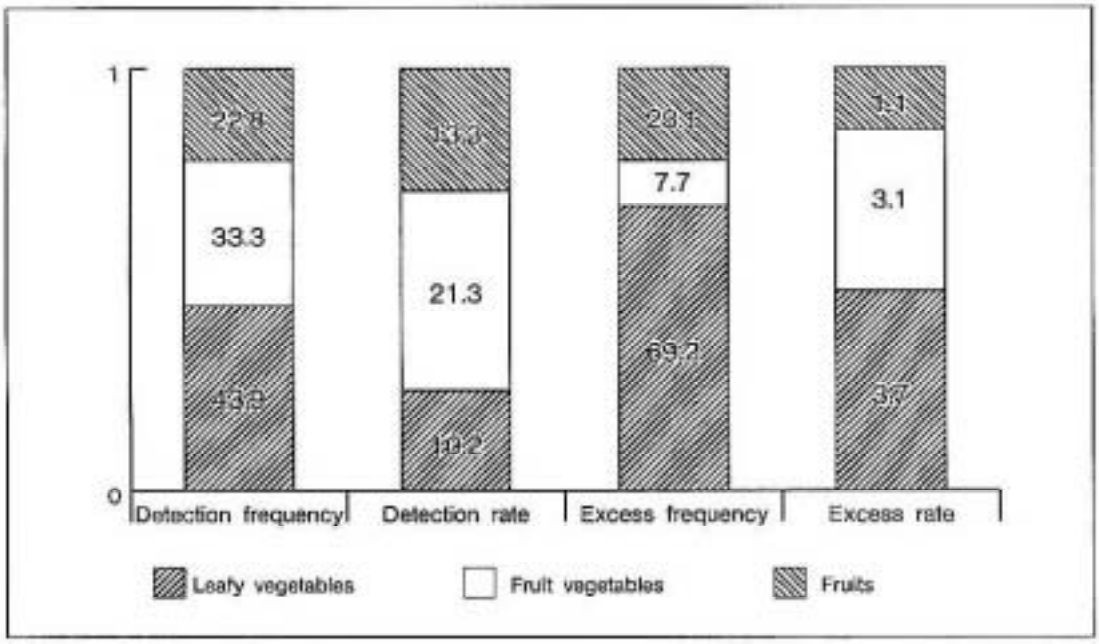

Fig. 4. Distribution of detected samples in agricultural products according to sample classification.

총 13건의 기준초과 작물을 식물 원재료 분류에 따라 구분하면, 기준초과 빈도는 엽경채소류 9회(69.2%) > 과실류 3회(23.1%) > 과채류 1회(7.7%)의 순이었으며, 검사대상 건수를 감안한 기준 초과율은 엽경채소류 3.7% > 과실류 3.1% > 과채류 1.1%의 순으로 나타났다.

2. 검출농약별 현황

검사대상 총 82개 품목 727건의 작물에 대해 검출된 농약은 12종이었고, 그 중 6종의 농약에서 기준을 초과하였다.

가. 농약별 검출 및 기준초과 현황(Fig. 5)

1) 검출 현황

검사대상 작물 727건의 작물에서 검출된 농약은 총 12종으로 검출빈도는 procymidone이 25회로 가장 높게 나타났고, 다음은 chlorpyrifos · chlorothalonil (7) > endosulfan (4) > vinclozolin(3) > ethoprophos · diazinon · fenvalerate(2) > iprodione · dicofol · fenitrothion · parathion(1)의 순이었다.

2) 기준초과 현황

검출농약 12종 중 6종의 농약에서 기준을 초과하여 검출되었는데, 기준 초과빈도는 chlorpyrifos와 chlorothalonil이 각 4회씩으로 가장 높았고 다음으로 ethoprophos가 2회 초과하였으며 나머지 procymidone, diazinon, parathion이 각 1회씩 기준을 초과하여 검출되었다.

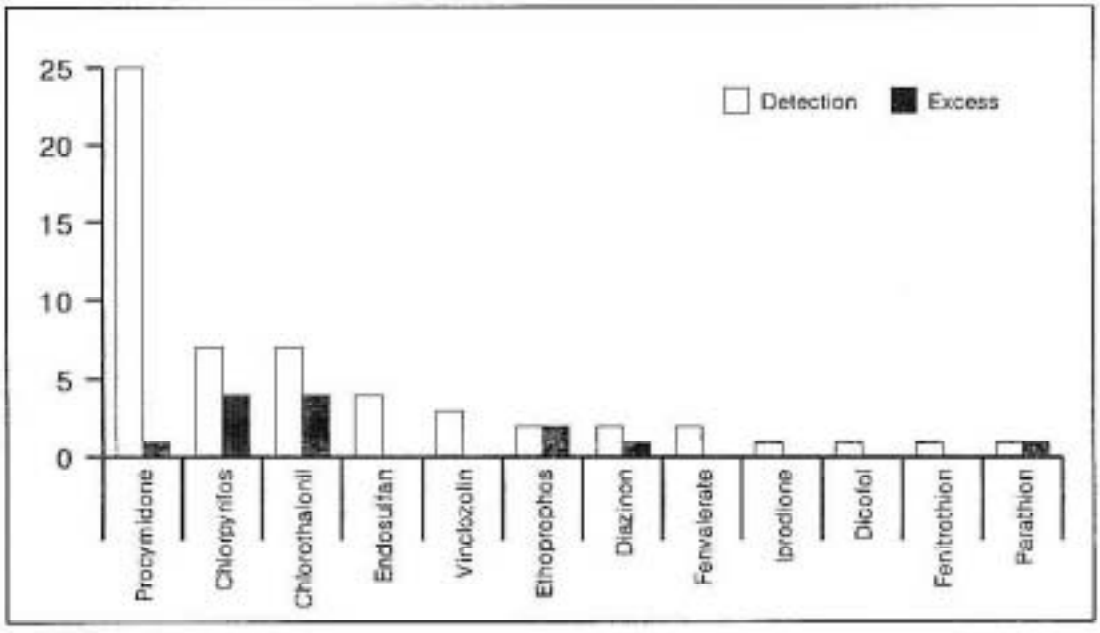

Fig. 5. Detection and excess frequency for 12 pesticides.

나. 농약별 검출작물 현황

검출농약 12종에 대한 검출작물의 양상을 식물 분류군 별로 조사하여 보았는데, procymidone은 주로 엽경채류와 과채류에서 일부 과실류에서 검출되었으며, chlorpyrifos와 chlorothalonil은 주로 엽경채류와 과실류에서 일부 과채류에서도 검출되었는데, 이는 이들 세 종류의 농약이 여러 가지 작물에 광범위하게 사용되어지고 있음을 나타낸 것이라 할 수 있다. 반면 endosulfan · ethoprophos · diazinon · parathion은 엽경채류에서만, fenvalerate · iprodione · dicofol은 과실류에서만, vinclozolin과 fenitrothion은 과채류에서만 검출되었다(Fig. 6).

다. 농약분류별 검출현황

검출농약 12종에 대해 농약의 용도별 및 계통별 분포를 조사해 보았다. 용도별 분포는 크게 살균제와 살충제로 구분하여 조사하였는데(Fig. 7), 검출빈도는 살균제가 살충제에 비해 월등히 높아 유통과정 중 살균제의 사용이 증가되는 최근의 경향을 보여주었으나, 반대로 살충제가 살균제에 비해 기준을 초과하는 빈도는 더 높은 것으로 나타났다. 검출농약의 계통별 분포는 디카복시미드계나 합성 피레스로이드계와 같은 유기인계나 유기염소계가 아닌 농약들이 검출빈도 면에서 이들에 비해 월등히 높았으나, 기준초과 빈도는 현재 사용량이 가장 많은 것으로 알려진 유기인계 농약이 가장 높게 나타났다. 이는 점차 독성과 잔류성이 낮은 새로운 계통의 농약들이 선호되고 있는

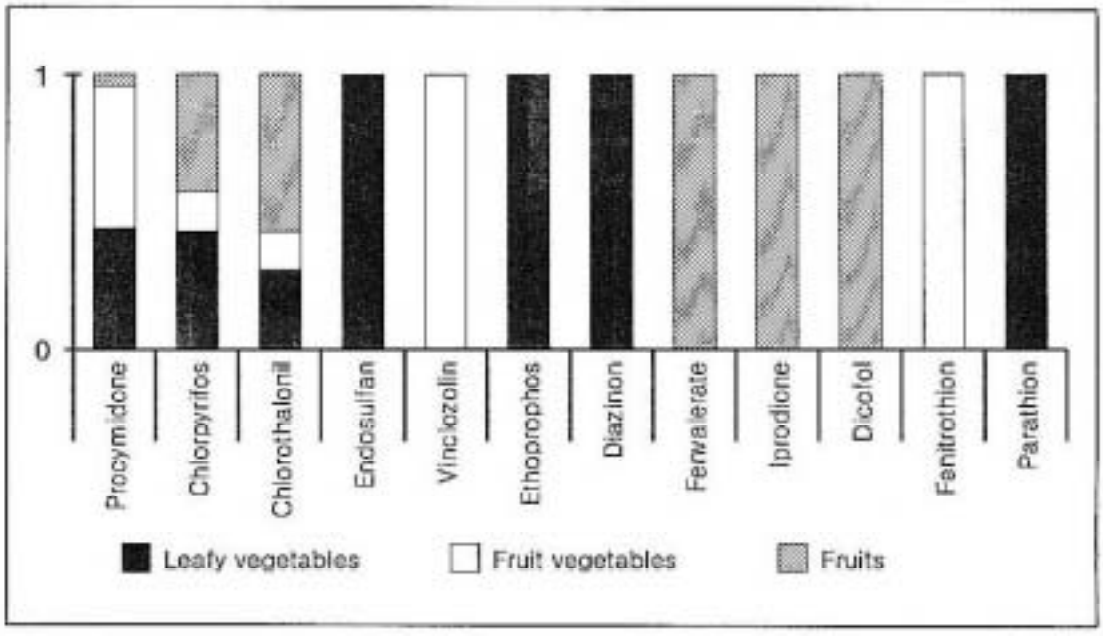

Fig. 6. Distribution of detected pesticides in agricultural products according to sample classification.

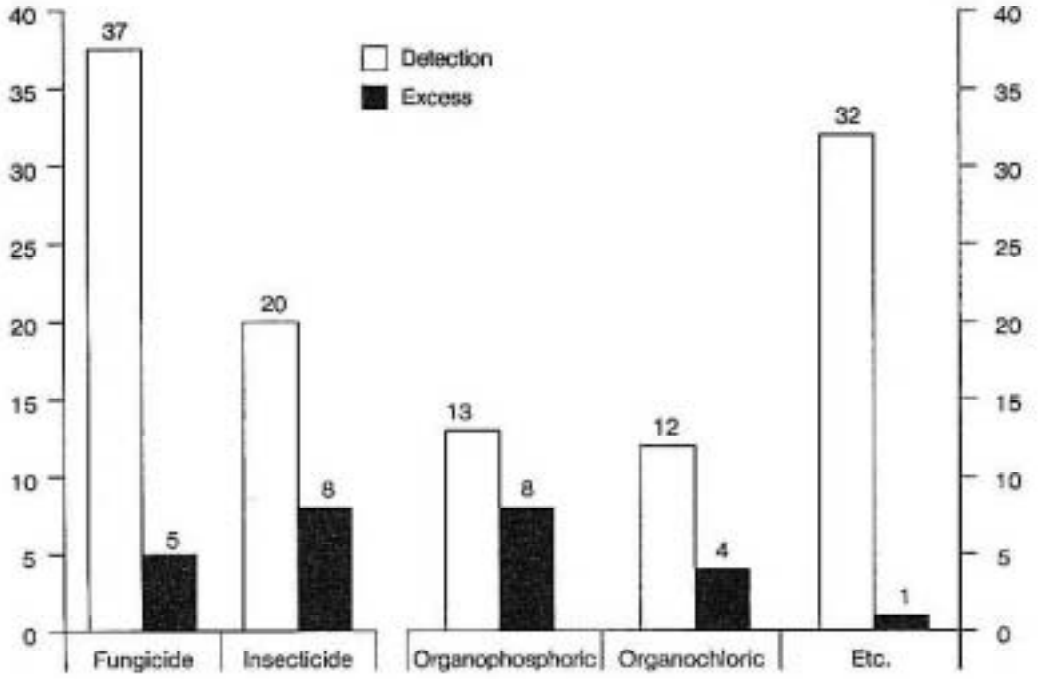

Fig. 7. Distribution of detected pesticides according to use and chemical construction.

Table 2. Residual pesticides in detected agricultural products

Name	A D I (mg/kg)	* Use	* * Chemical	Toxicity	Main target agricultural products	Detect	Excess	Range of conc.(ppm)
Procymidone	0.1	F	C	Medium	Fruit V. 〉 Leafy V.	25	1	0.016~5.13
Chlorpyrifos	0.01	I	A	Medium	Leafy V. Fruits	7	4	0.02~0.28
Chlorothalonil	0.03	F	B	Low	Fruits 〉 Leafy V.	7	4	0.006~4.55
Endosulfan	0.006	I	B	High	Leafy vegetables	4	–	0.26~0.56
Vinclozolin	0.01	F	C	Low	Fruit vegetables	3	–	0.11~0.31
Ethoprophos	0.0003	I	A	Medium	Leafy vegetables	2	2	0.773~0.81
Diazinon	0.002	I	A	Medium	Leafy vegetables	2	1	0.06~1.04
Fenvalerate	0.02	I	C	Medium	Fruits	2	–	0.18~0.63
Iprodione	0.06	F	C	Low	Fruits	2	–	0.19~0.4
Dicofol	0.002	I	B	Medium	Fruits	1	–	0.78
Fenitrothion	0.005	I	A	Medium	Fruit vegetables	1	–	0.06
Parathion	0.004	I	A	High	Leafy vegetables	1	1	0.44

*F : Fungicide, I : Insecticide

**A : Organophosphoric, B : Organochloric, C : Etc.

최근의 경향을 보여준다고 할 수 있을 것이다.

라. 검출농약 현황

Table 2에서는 이번 조사에서 검출된 12종 농약의 ADI, 용도별·계통별 분류, 독성, 주 검출작물, 검출 및 기준 초과빈도, 검출량등을 정리하였다.

이번 조사에서 가장 높은 검출빈도를 보인 procymidone은 1969년 일본에서 개발된 살균제로 잿빛곰팡이병 및 균핵병이 발생한 농작물에 주로 사용되는데, 곰팡이 균사의 신장생육을 특이하게 저해하는 작용을 지닌 농약이다[11]. 다음으로 검출빈도가 높은 chlorpyrifos는 미국에서 개발한 유기인계 살충제로 적용범위가 넓어 수도·과수 및 채소의 각종 해충방제에 효과적으로 이용되는데, 주로 접촉독에 의해 살충효과를 나타내고 침투이행성이 없으며 광분해가 빠른 농약이다[11, 16]. 또 chlorothalonil은 유기염소계 농약으로 알칼리 및 식물성분의 효소와 반응하여 분해는 용이하나 빛과 습기에는 안정하여 비교적 잔류성이 높은 농약이다[1].

과실과 채소류에 있어 농약의 잔류량은 작물의 생육상황과 살포방법에 큰 영향을 받는데, 단위면적 당 부착량이 같다면 중량당 표면적이 큰 작물 쪽이 높은 농도로 잔류된다. 또한 처리조건, 작물의 생육조건, 기상조건 등에 지배를 받게된다[1, 7].

따라서 작물 내 농약 잔류량의 감소과정을 보면 우선 농약살포 후 전기간을 통해 작물의 비대생장에 따라 상당히 희석되는데, 희석정도는 작물의 생육시기, 부위에 따라 각각 다르다. 농약 잔류량의 감소속도는 초기에는 아주 빠르지만 어느 시간이 경과하면 느려지게 된다. 살포직후 식물체 표피에 부착된 농약은 비와 바람, 광분해 등 주로 물리적 요인에 의해 급속히 감소하는데[1, 7], 농약의 물리화학적 특성, 작물의 표피구조, 기상조건의 변화에 따라 이 기간의 차이는 있지만 보통 3~10일 경과된다. 그런데 농약이 식물의 표피에 침투하여 고착되면 반대로 물리적 요인에 의한 감소는 줄고 식물의 효소에 의해 대사되어 조직 내부에 침투하여 식물의 다른 부위까지 이동하게 되는데, 이때는 감소속도가 느려지게 된다[1].

과실이나 채소류에 잔류하는 농약의 대부분은 그 껍질 표면의 왁스층에 흡수, 흡착되어 존재하며, 일부 수용성이 높은 농약만이 뿌리를 통한 흡수가 용이하여 높은 침투 이행성으로 식물조직 내에도 일부 흡수 이행된다.

작물의 표피는 외부의 독성이물질(xenobiotics)에 대해 자신을 보호하는 방어체계의 하나로 장벽 역할을 하며, 전체적으로 표피의 바깥쪽은 지용성이 크고 안쪽은 수용성이 크다. 이 때문에 수용성 농약제제에는 표피에의 부착을 용이하게 하기 위해 적절한 계면활성제나 전착제 등을 첨가한다[4]. 농약이 갖는 여러 가지 특성은 그 구조에서 기인한다. 그 화합물의 지용성과 수용성은 구조에 의해 결정되는데, 분자내에 카르복실기(-COOH)나 아미노기($-NH_2$) 등의 이

온화할 수 있는 기를 갖거나 전기음성도(electronegativity)가 큰 산소, 질소 그리고 인 원자 등의 함유비율이 높을수록 수용성(극성)이 크다. 그러나 이러한 전기음성도가 큰 원자의 비율이 낮은 탄화수소화합물은 지용성(비극성)이 크다. 그런데 생물체는 지방질이 많은 비극성체이기 때문에 지용성을 띠면서 환경중에 잘 분해되지 않는 농약, PCBs(polychlorinated biphenyls), PAHs(polynuclear aromatic hydrocarbons), 그리고 dioxin 등 비극성화합물 (non polar compounds)들은 생물체로 축적될 가능성이 높으며, 생체내에서도 쉽게 배출되지 않고 지방이 많은 조직에 축적되어 만성적인 해를 끼칠 가능성이 높다[4].

3. 유통 지역별 농약 검출 및 기준초과 현황

시료의 수거가 부산시내 16개 구·군에서 유통되고 있는 농산물에 대해 이루어짐을 감안하여 전체 검출된 57건을 대상으로 유통지역별로 그 검출양상을 조사해 보았다. 이러한 단발성 결과로 명확히 말하기는 어렵지만 현재의 수거체계가 대형 백화점이나 유통센터를 통해 이루어짐을 볼 때 그 지역 대형 매장들의 농산물안전성에 대한 의식과 관리정도를 전반적으로 파악해 볼 수 있는 계기가 되리라 생각되며, 차후 계속된 조사를 통해 철저한 유통관리와 농산물 안전성 확보간의 상관관계를 규명할 수 있을 것이라 기대된다.

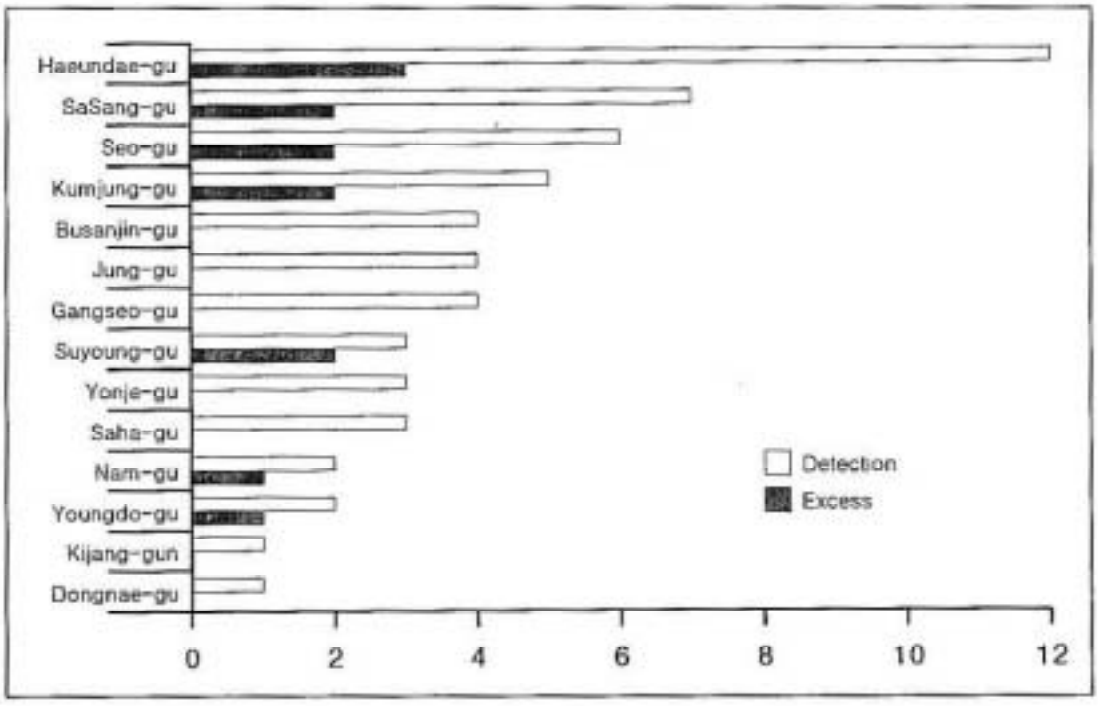

Fig. 8. Distribution of detected pesticides in sampling places of Busan area.

조사결과는 Fig. 8와 같았는데, 주목할 점은 조사기간(2000년) 내 동구와 북구에서는 단 한 건의 농약검출도 없었으며, 반대로 해운대구의 경우는 다른 지역들에 비해 가장 높은 검출빈도(21.1%)와 기준 초과빈도(23.1%)를 나타내었다.

4. 유통 시기별 농약 검출 및 기준초과 현황

전체 검출된 57건을 대상으로 수거당시의 유통시기별로 각 농약의 검출양상을 조사해 보았다. Fig. 9은 검출된 12종의 농약에 대해 월별 검출양상을 나타내고 있으며, Fig. 10은 이들 검출농약을 용도별·계통별로 분류하여 분기별로 그 검출양상을 조사한 결과이다.

가. 농약의 월별 검출양상

월별 농약 검출양상을 보면 2월과 4~5월, 그리고 8~9월에 높은 검출빈도를 보이는데 이는 설날과 추석 등 식품소비가 활발한 성수기와 어느 정도 일치하는 경향을 보인다. 이 시기에 검출빈도가 높은 이유는 정해진 소비시점에 출하시기를 맞추기 위해 출하시기를 무리해서 앞당긴 때문으로 추정된다. 반면 기준 초과빈도는 8~9월 유독 높은 수치를 기록할 뿐 그 외에는 연중 고른 분포를 보이고 있는데, 이는 부패 변질우려가 높고 해충의 피해가 큰 시기에 이른 우려한 농약의 오·남용 결과로 추정된다. (Fig. 9)

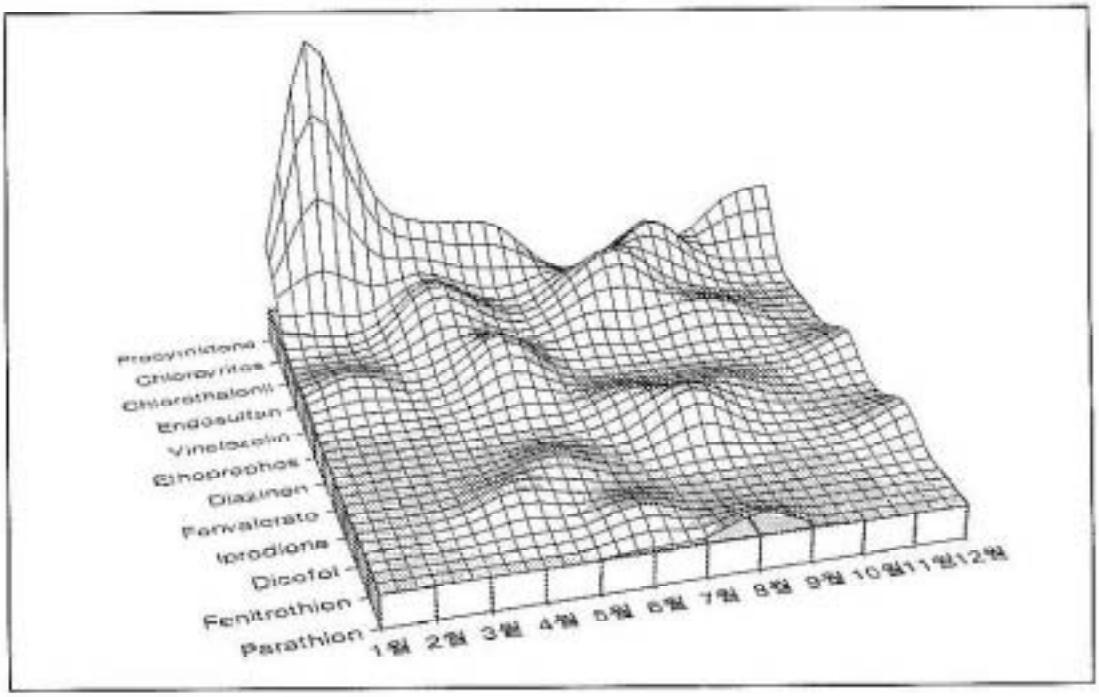

Fig. 9. Monthly variation of detected pesticides in Busan area.

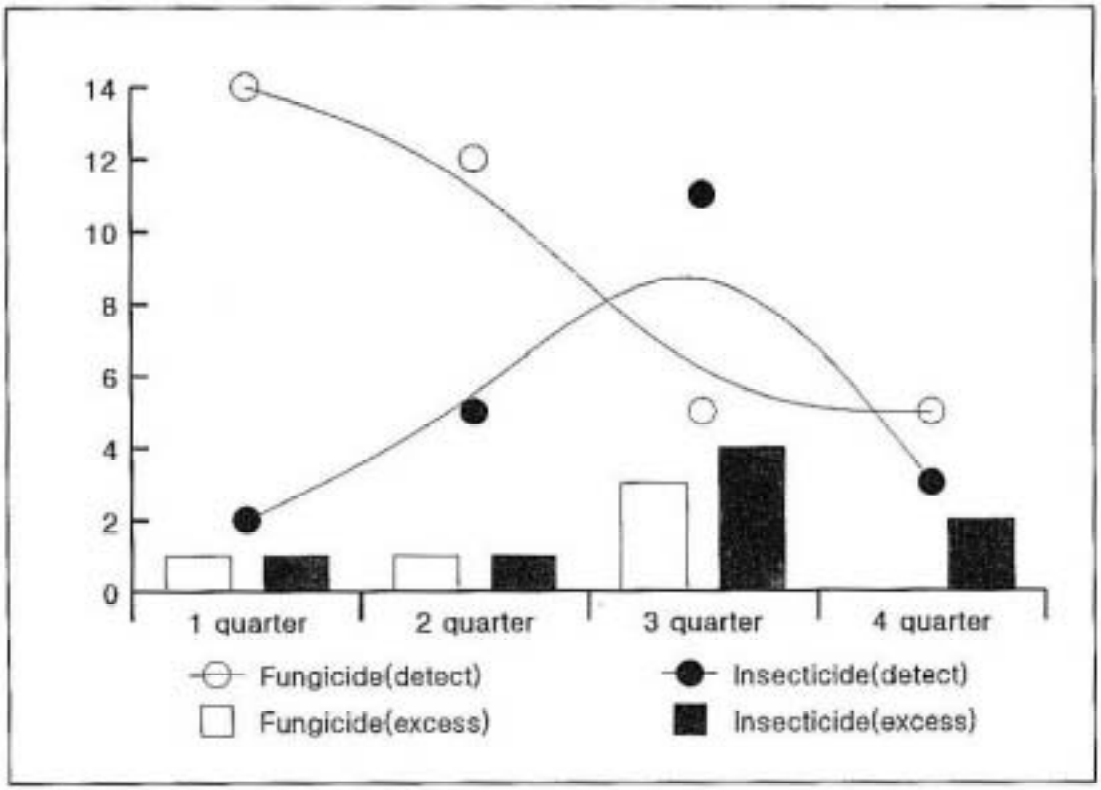

Fig. 10. Distribution of detected pesticides according to use during survey periods.

나. 용도별 농약의 분기별 검출양상

분기별 농약의 검출양상은 Fig. 10과 같았다. 검출빈도에 있어서는 살균제 농약의 경우 전반기(1, 2분기)에 높은 검출빈도를 보이다가 3분기에 급격히 낮아지는 반면, 살충제 농약의 경우는 점차 상승하여 3분기에 가장 높아진 다음 다시 낮아지는 경향을 나타내어 서로 상반된 모습을 보였다. 하지만 기준 초과빈도에 있어서는 살균제와 살충제 농약 모두 3분기에 가장 높게 나타났다.

이러한 결과는 계절적 특성을 잘 나타내 주는데, 이는 동절기에 상대적으로 살균제의 사용이 증가하고 있음을 보여주며 그 원인으로는 가을 수확한 농작물의 출하시기 조절을 위한 장기간의 저장과 동절기 동안 땀이 이루어지는 하우스재배로 사용농약의 비산 또는 분해속도가 떨어져 상대적으로 검출빈도가 높아지는 사실과 관련이 있을 것으로 추정된다. 또한 하절기에 살충제의 검출빈도가 가장 높은 것은 병해충이 가장 기승을 부리는 계절적 특성으로 상대적으로 살충제의 사용이 증가함을 보여준다. 그리고 이 시기에 두 가지 농약 모두 기준 초과빈도가 가장 높게 나타난 것도 만연하는 병해

충과 부패변질의 우려가 높은 기온특성 때문에 농약의 오·남용이 이루어지고 있음을 반증하며, 이는 농약의 오·남용이 기준초과 농산물 생산의 주 요인임을 반영해준다 하겠다.

요약 및 결론

부산지역에서 유통되는 농산물을 대상으로 농약 잔류량을 측정하였다. 이를 바탕으로 최근의 작물별 농약사용 현황을 파악하기 위해 개별 작물과 분류군별, 농약별 또는 농약종류별 검출 및 기준 초과빈도를 조사하였고, 또한 유통지역과 유통시기별 검출 실태를 조사하였으며 그 결과는 아래와 같다.

1. 총 82개 품목 727건을 조사하여 24개 품목 57건에서 농약이 검출(7.84%)되었으며, 그 중 9개 품목 13건이 기준을 초과(1.79%)하였다.
2. 품목별 검출빈도는 방울토마토(8) > 깻잎(6) > 사과·오이·양상추·복숭아(4) > 토마토·딸기(3) > 쑥갓·시금치·배추·미나리·로메인(2) > 기타(1)의 순으로 높았고, 기준 초과빈도는 깻잎(4) > 사과(2) > 기타(1) 순이었다.
3. 검출품목의 작물 분류별 검출빈도는 엽경채류(25) > 과채류(19) > 과실류(13)의 순이었으나, 조사건수를 감안한 검출율은 과채류(21.3%) > 과실류(13.3%) > 엽경 채류(10.2%) 순이었다. 또한 기준 초과빈도는 엽경채류(9) > 과실류(3) > 과채류(1)의 순이었으며, 기준 초과율은 엽경채류(3.7%) > 과채류(3.1%) > 과실류(1.1%) 순이었다.
4. 이번 조사에서 검출된 농약은 총 12종이었으며, 검출된 농약별 검출빈도는 Procymidone(25) > Chlorpyrifos·Chlorothalonil(7) > Endosulfan(4) > Vinclozolin(3) > Ethoprophos·Diazinon·Fenvalerate(2) > 기타(1) 순이며, 그 중 6종의 농약 〔Chlorpyrifos·Chlorothalonil(4) > Ethoprofos(2) > Procymidone·Diazinon·Parathion(1)〕이 기준을 초과하였다.
5. 검출농약의 작물 분포는 Procymidone이 과채류(13) > 엽경채류(11) > 과실류(1), Chlorothalonil이 과실류(4) > 엽경채류(2) > 과채류(1), Chlorpyrifos는 과실류·엽경채류(3) > 과채류(1) 순으로 검출되었으며, Endosulfan(4)·Ethoprophos(2)·Diazinon(2)·Parathion(1)은 엽경채류에서만, Vinclozolin(3)·Fenitrothion(1)은 과채류에서만, Fenvalerate(2)·Iprodione (2)·Dicofol(1)은 과실류에 서만 검출되었다.
6. 검출농약의 용도별 분포는 살균제(37)가 살충제(20)에 비해 높은 검출빈도를 보였으나, 기준 초과빈도는 오히려 살충제(8)가 살균제(5)에 비해 더 높았다. 또 계통별 분포는 기타(32) > 유기인계(13) > 유기염소계(12) 순의 검

출빈도를 보였으나, 기준 초과빈도는 유기인계(8) > 유기염소계(4) > 기타(1) 순으로 높았다.

7. 유통 지역별 농약 검출빈도는 해운대(12) > 사상(7) > 서(6) > 금정(5) > 진·중·강서(4) > 수영·연제·사하(3) > 남·영도(2) > 기장·동래(1)의 순으로 나타났으며, 북구와 동구에서는 전혀 검출되지 않았다. 기준 초과빈도는 해운대(3) > 사상·서·금정·수영(2) > 남·영도(1) 순으로 높았다.
8. 유통 시기별 농약 검출빈도는 살균제의 경우 분기별로 14-12-5-5 회로 1~2 분기에 높게 나타난 반면, 살충제의 경우는 2-5-11-3 회로 3분기에 가장 높게 나타났다.

이번 결과는 단 1회의 실태조사이기 때문에 단정짓기는 어려우나 조사결과 최종 기준 초과율이 1.79%로 서울시의 1.6% 보다는 약간 높지만 선진국이 1%대이고 우리나라 평균 초과율이 3~4%임을 감안하면 상당히 양호한 결과로 볼 수 있다. 이는 대부분의 시료수거가 어느 정도 자체관리가 이루어지고 있는 대형 백화점이나 할인매장에서 이루어진 점을 감안하더라도 긍정적인 결과가 아닐 수 없다. 그리고 가장 기준 초과율이 높은 작물이 잿잎인 점과 이를 포함하는 엽경채류가 높은 초과율을 보인 것은 현재 국내에서 문제가 되고 있는 소면적 재배작물의 문제점을 반영하는 결과로 볼 수 있으며, 또 잿잎에서 가장 다양한 농약이 검출된 점도 이들 소면적 재배작물에 대한 적용 농약의 부족과 이로 인한 임의 사용이 농약의 오·남용을 반영하는 결과로 볼 수 있으며 때문에 최고 초과율이란 결과를 초래한 것으로 추정되었다.

우리가 섭취하는 식품이 건강상의 위해를 주지 않도록 유통되는 농산물의 안전성을 확보하는 일은 무엇보다도 중요한 일일 것이다. 그러나 절대 안전은 이상적인 목표는 될 수 있지만 현실적으로는 가능하지 않은 것이 실상이다. 생활수준이 향상으로 식생활 패턴이 변화되면서 질적인 요구, 즉 아무리 맛과 품질이 우수하다 하더라도 안전성이 확보되지 않은 먹거리는 소비자에게 외면당하게 되고 안전하고 깨끗한 농산물이나 무농약, 유기재배 농산물을 선호하고 있는 것이 사실이지만 반면 병충해로 인한 조그마한 흠집이나 얼룩이 있는 과일이나 야채는 사지 않는 소비자의 편견 때문에 생산자는 결함있는 농산물을 생산하려 하지 않게 되고, 생산자 입장에서는 농약은 어쩔 수 없이 작물의 양과 질을 아울러서 보장하는 일종의 보험으로 인식하게 되는 것이다. 그렇다면 현재로서 농산물의 안전성을 확보할 수 있는 최선의 합리적 방법은 농약을 사용하였더라도 그 농산물을 섭취해서 해를 입지 않는다는 확신을 할 수 있는 그러한 기준을 정하고 생산자는 그러한 안전사용기준을 철저히 지켜 작물을 생산하고, 소비자는 이를 걱정 없이 수용할 수 있는 신뢰회복이 필요하다. 이 기준이 바로 농약 잔류허용기

준(MRLs : Maximum Residue Limits)이다. 이 MRLs은 현재의 과학수준에서 이 기준이하의 농산물과 식품을 평생 섭취하여도 건강에 해롭지 않다는 수준이다. 따라서 어떤 농산물과 식품에서 농약이 검출되었다는 사실 그 자체에 민감할 필요는 없으며, 이러한 필요이상의 민감성은 안전성을 확보하기 위한 체계적이고도 과학적인 접근에 도움을 주지 못하고 오히려 그 접근을 위축시키게 할 것이다.

현재의 제반 여건에서 우리가 할 수 있는 일에 최선을 다하는 것이 농산물의 안전성을 확보하는 최선의 방책이 될 것이다.

아무리 우수한 농약이라도 그 적용범위에는 한계가 있으며, 반드시 방제대상 병해충에 가장 알맞은 약제를 선택해서 사용해야 기대하는 효과를 얻을 수 있다. 그리고 방제효과를 극대화할 수 있는 적정시기를 지키며 또한 정해진 약량을 반드시 지키며 한가지 농약만 계속 사용하면 병해충이 그 약제에 대하여 저항성을 가지게 되므로 작용특성이 다른 농약을 번갈아 사용하는 것이 좋을 것이다. 따라서 생산자는 이러한 안전사용기준의 실천이 최선의 방책일 것이다.

이에 정부는 농산물의 안전성을 확보할 수 있는 최선의 안전사용기준을 마련하고 현재 기준이 설정되어 있지 않은 작물에 대해 하루빨리 적절한 기준을 마련하여 불리한 기준을 적용받는 불이익이 없도록 해야 할 것이며, 농약회사에 대해서는 생산자의 선택의 폭을 넓혀 줄 수 있는 다양하고 안전한 농약의 개발, 보급을 독려, 지원하고 소비자들로부터는 안전한 농산물 판리에 대한 신뢰를 회복해야 할 것이다.

또한 소비자들도 농약을 사용하여 생산한 농산물은 모두 위해한 농산물로 인식하는 의식을 이제 바꿔어야 할 것이며, 과학이라는 틀 안에서 식품의 안전성을 확보하기 위해 다함께 생각하는 구체적인 자세가 절실하게 필요한 시기라고 할 것이다. 또 스스로를 보호할 수 있는 안전수칙을 몸소 실천함으로서 미량이라도 존재 가능한 농약을 제거하는 수단으로 활용해야 할 것이다. 소비자가 실천할 수 있는 안전수칙으로는 첫째가 많은 양의 물로 씻고 가능하면 솔로 문질러 씻는 것이며, 둘째가 엽경채류는 겉잎을 제거하고 과실이나 근채류, 서류등은 껍질을 제거한 후 섭취하는 것이다. 이에 대한 국내의 농약 성분 제거에 관한 연구결과를[7, 8, 11, 17~19] 보면 수세에 의해 평균 45%, 세제 세척에 의해 56%, 껍질 제거에 의해 91%, 체소의 데치기나 삶기에 의해 51%, 곡물의 도정에 의해 60%가 제거되는 것으로 알려져 있다.

참고문헌

1. 고신효 외 4인 : 제주도산 농산물중 농약 잔류량, 제주도보건환경연구원보, 7, 63, 1997.
2. 김윤옥 외 6인 : 생식 야채류중의 잔류농약에 관한 연구, 경기도보건환경연구원, 1989.

3. 황은주 : 도내 채소류와 과실류중 잔류농약에 관한 연구, 충북보건환경연구원, 1999.
4. 황을철 : 농약이란 무엇인가, 농약의 체계, 구조와 기능, 유기농업과 농산물 오염, 식품중의 잔류농약, 농약의 독성, 생물농약, 농약의 대사작용, http : // home.donga.ac.kr/~pesticides
5. 농촌진흥청 농약연구소 : 농약해설, p3~10, 1985.
6. 송병훈 : 우리나라 농산물등의 잔류농약과 안전성, 식품위생학회지, 3(3), 23, 1988.
7. 박성민 외 4인 : 농산물 중 잔류농약의 경시변화에 대한 조사연구, 농산물의 농약잔류량 조사와 안전성 연구, 충남보건환경연구원, 31, 2000.
8. 손경애 외 3인 : 농산물 중 살포농약의 분포에 관한 연구, 농산물의 안전성 향상 연구, 경남농업기술원, 1998.
9. 양승준 : 식품 중 잔류농약에 관한 조사연구, 충북보건환경연구원, 1997.
10. Edward, C. A. : Critical reviews in environmental control, *Pub. Chem.*, Rubber Co., U.S.A., p603, 1970.
11. 박성민 외 4인 : 도내 유통되는 농산물의 농약 잔류량 조사, 농산물의 농약 잔류량 조사와 안전성 연구, 충남보건환경연구원, 11, 2000.
12. 농림부 : 농약의 안전 사용 및 잔류예방, p51~64, 1997.
13. 김진배 외 4인 : 제형에 따른 농약의 작물체 부착성 및 잔류성, 한국농화학 회지, 1(1), 35, 1997.
14. 환경부 : 환경백서, 2000.
15. 보건복지부 : 식품공전, 2000.
16. 양환승 외 2인 : 신농약, 함문사, p168~286, 1995.
17. 이서래, 이미경 : 한국인에 의한 유기인제 농약의 식이 섭취량 추정, 한국환경위생학회지, 13(1), 66, 1994.
18. 전옥경 외 2인 : 식품처리에 따른 농약변화에 관한 연구, 한국환경위생학회 지, 25(2), 83, 1999.
19. 김성준 외 4인 : 시금치에 잔류하는 농약(Captan)의 세척에 의한 제거효과, 부산보건환경연구원, 5, 75, 1994.