

부산지역 주요 농산물경작지의 농약오염 실태조사연구 II

윤호철[†]·박지현·차경숙·윤종배·정재훈·박준영·이진열·김종만·강정미
농산물검사소 반여지소

Monitoring the Residual Pesticide Levels of Soil and Water from the Main Agricultural area in Busan (II)

Ho-Cheol Yun[†], Jee-Hyeon Park, Kyung-Suk Cha, Jong-Bae Youn, Jae-Hun Jeong,
Jun-Young Park, Jin-Youl Lee, Jong-Man Kim and Jung-Mi Kang

Banyeo Branch Office of Agricultural Products Inspection

Abstract

This study was carried out to monitor the pesticide residues of agricultural soil and water of the Gijang district in Busan. Agricultural soil and water samples from paddy field, upland, and orchard were analyzed by GC/MSD and GC, bimonthly during survey period, 2009. Total 5 pesticide ingredients were detected in soil samples and no pesticide in the water samples. According to the cultivation types of soil, in paddy field, isoprothiolane was detected 2 times during this survey with the average residual level of 0.026 mg/kg. In upland, alachlor and chlorfenapyr were detected 4 times with the average residual levels of 0.286 mg/kg and 0.030 mg/kg, respectively. Isoprothiolane was also detected once with the residual level of 0.048 mg/kg. In orchard soil, alachlor, chlorfenapyr and endosulfan were detected 2 times and with the average residual levels of 0.036 mg/kg, 0.028 mg/kg and 0.205 mg/kg. Myclobutanil and diazinon were also detected once with 0.106 mg/kg and 0.012 mg/kg, respectively. The results showed many differences in the kinds and numbers of detected pesticides from the results of survey in Gangseo district, 2008. This might be caused by soil properties, cultivation methods and application history as well as regional difference.

Key Words : Pesticide, Agricultural soil, Agricultural water

서 론

농약은 작물의 생산성을 향상시키는 필수불가결한 요소로, 영농현장에서 폭넓게 사용되고 있으며, 노동력 절감과 농산물의 상품성 향상에 크게 영향을 미친다. 하지만, 병충해 방제라는 본연의 사용목적과는 달리 농약사용으로 인한 부작용도 간과할 수 없다. 농약의 오·남용에 의한 저항성 병해충의 발생, 토양이나 수질의 오염, 환경생태계의 파괴, 식품잔류에 의한 안전성 위협 등의 문제가 빈번히 발생하고 있다. 농약이 가진 이런 양면성, 즉 유익성과 위해성을 정확하게 분석·평가하여 농약을 효율적으로 관리하는 것은 쉽지 않은 일이지만, 농산물 재배

과정에서부터 유통되어 소비자에 이르기까지 농약의 지속적인 모니터링과 위해성 평가는 필수적이라 할 수 있다.

과도한 농약의 사용을 억제하고, 병충해 방제목적에 맞는 적절한 농약을 적시에 적량을 사용하여, 농약에 대한 작물이나 환경 위해성을 최소화하면서 작물생산효율을 높이고, 유통되는 농산물의 안전성을 확보하기 위해서, 우리나라 농약관리법은 농작물 및 농약별로 안전사용기준을 설정하여 농업인들이 이 기준에 따라 농산물을 생산하도록 관리하고 있다. 또한, 유통농산물에 대해서는 식품위생법에 근거한 농약잔류허용기준을 설정하여 식품위생관련기관의 지속적인 모니터링을 통하여 안전한 농산물이 유통되도록 제도적인 농약관리시스템을 마련하고 있다¹⁾.

[†]Corresponding author. E-mail : lancelot@korea.kr
Tel:+82-51-666-6855, Fax:+82-51-666-6857

그러나, 농산물 생산 기반환경인 농경지나 농업용수에 관한 잔류농약 실태조사는 체계적으로 이루어지지 못했다. 농약이 작물에 살포되었을 때, 농작물에 직접 부착하는 양 외에, 토양 중에도 상당량이 살포되고, 다시 강우나 바람 등의 환경적인 요인으로 토양에서 수계로 이동되는 사실을 고려하면, 토양이나 농업용수 등의 농업환경에서의 농약잔류실태조사도 농약의 안전관리측면에서 중요한 의미를 갖는다고 볼 수 있다.

지금까지 농업환경 중에서의 농약잔류 실태조사는 잔류성이 길다고 밝혀진 유기염소계 농약위주로 간헐적으로 조사되었다²⁾.

1995년 이후 농촌진흥청 산하 농업과학기술원에서 본격적으로 농경지 토양에 대한 잔류농약 실태조사가 수행되어오고 있으나, 전국 농경지 면적 및 연간 농약사용량과 대비하여 축적된 자료는 아직까지 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 2008년 강서지역의 조사연구에 이어 부산의 주요 농산물 생산단지인 기장지역의 농경지와 농업용수를 대상으로 농업환경 중의 농약잔류 실태를 조사하여, 농업환경보전과 안전농산물 생산을 위한 기초자료를 제공함과 동시에 농산물 생산 농가의 농약안전사용을 유도하고 농약환경오염에 관한 경각심을 고취하고자 하였다.

재료 및 방법

조사장소 및 시료의 채취

부산광역시 기장군 일원의 농경지 3곳을 선정하여 환경부 고시 『토양오염공정시험방법』에 준하여 토양시료 3종(논, 밭, 과수원 토양 각 1종)을 채취하고, 수질시료로 농경지 주변의 관개수를 채취하였다. 각각의 시료는 2009년에 걸쳐 격월로 총 6회

채취하여 잔류농약분석을 실시하였다. Table 1 은 조사기간 중 시기별로 각 토양에 재배되는 작물을 나타내었다.

시약

시료의 전처리에 사용한 acetonitrile, acetone, n-hexane 및 dichloromethane 용매는 Merck (Germany)사의 GC분석용 시약을 사용하였고, 무수 Na₂SO₄, NaCl, NH₄Cl은 Merck (Germany)사의 분석용 시약을 사용하였다. 정제 칼럼은 Waters (Ireland)사의 florisisl Sep-Pak cartridges 를 사용하였다.

농약표준품

농약표준품은 식품의약품안전청으로부터 분양받은 표준원액을 사용하였고, 표준용액은 각각의 농약표준원액에 acetone, n-hexane 및 acetonitrile 로 희석하여 분석기기 검출 적정 농도로 맞추어 사용하였다.

농약 분석대상 항목은 2008년 조사연구와 동일한 160항목의 농약성분을 대상으로 하였다(Table 2).

시료의 전처리 및 기기분석

시료의 잔류농약분석을 위한 전처리는 환경부 고시 『골프장 농약잔류량시험방법』에 준하였고(Fig. 1), 가스크로마토 그래프 질량분석기, GC/MSD (6890N/5973MSD, Agilent Technologies, USA)로 농약성분의 잔류여부를 확인한 후, 전자포획검출기 및 질소인 검출기가 부착된 GC-ECD, GC-NPD (6890N, Agilent Technologies, USA)로 정량하였다. 기기분석 조건은 Table 3과 같다.

Table 1. Periodically cultivated crops by cultivation soil types

	Cultivated crops	
	Period (month)	Crops
Paddy field	4 - 9	Rice
	1 - 5	Chives
Upland	6 - 8	Chinese cabbage young
	9 - 12	Chives
Orchard	1 - 12	Pear

Table 2. List of pesticides categorized by use type for multiresidue analysis

Use type	Pesticides
Fungicide (50)	Captafol, Captan, Carboxin, Chinomethionat, Chlorothalonil, Cyproconazole, Cyprodinil, Dichlofluanid, Dicloran, Diethofencarb, Diphenylamine, Fenamidone, Fenarimol, Fenbuconazole, Fenoxanil, Fluazinam, Fludioxonil, Flusilazole, Flusulfamide, Flutolanil, Folpet, Fthalide, Hexaconazole, Imazalil, Iprobenfos, Iprodione, Iprovalicarb, Isoprothiolane, Kresoxim-methyl, Mepanipyrim, Mepronil, Metalaxyl, Metconazole, Myclobutanil, Nuarimol, Oxadixyl, Penconazole, Probenazole, Prochloraz, Procymidone, Pyrazophos, Quintozene, Tolclofos-methyl, Tolyfluanid, Triadimefon, Triadimenol, Tricyclazole, Triflumizole, Vinclozolin, Zoxamide
Insecticide (76)	Acrinathrin, Aldrin, Anilofos, Azinphos-methyl, $\alpha,\beta,\gamma,\delta$ -BHC, Bifenthrin, Bromopropylate, Cadusafos, Carbophenothion, Chlorfenapyr, Chlorfenvinphos, Chlorobenzilate, Chlorpyrifos, Chlorpyrifos-methyl, DDT, Diazinon, Dichlorvos, Dicofol, Dieldrin, Dimethoate, Dimethylvinphos, Disulfoton, Edifenphos, Endosulfan(α,β ,sulfate), Endrin, EPN, Ethion, Ethoprophos, Etoxazole, Etrimfos, Fenamiphos, Fenazaquin, Fenitrothion, Fenoxycarb, Fenpropathrin, Fenthion, Fenvalerate, Fipronil, Flupyrzofos, Furathiocarb, Heptachlor, Isazofos, Isofenphos, Malathion, Mecarbam, Methidathion, Methoxychlor, Mevinphos, Omethoate, Parathion, Parathion-methyl, Permethrin, Phenthoate, Phosalone, Phosmet, Phosphamidon, Phoxim, Pirimicarb, Pirimiphos-ethyl, Pirimiphos-methyl, Profenofos, Prothiofos, Pyraclofos, Pyridaben, Pyridaphenthion, Pyrimidifen, Spirodiclofen, Tebufenpyrad, Tebupirimfos, Tefluthrin, Terbufos, Tetradifon, Thiometon, Triazamate, Triazophos, Vamidothion
Herbicide (31)	Acetochlor, Alachlor, Bromacil, Butachlor, Diclofop-methyl, Dimepiperate, Dimethenamid, Diphenamid, Dithiopyr, Diuron, Ethalfluralin, Indanofan, Mefenacet, Metobromuron, Metolachlor, Metribuzin, Molinate, Oxadiazon, Oxyfluorfen, Pendimethalin, Pretilachlor, Prometryn, Propanil, Propisochlor, Pyriminobac-methyl, Simazine, Terbutryn, Terbutylazine, Thiazopyr, Thiobencarb, Trifluralin
Nematicide	Fosthiazate
Microbiocide	Nitrapyrin
Plant growth regulator	Paclobutrazol

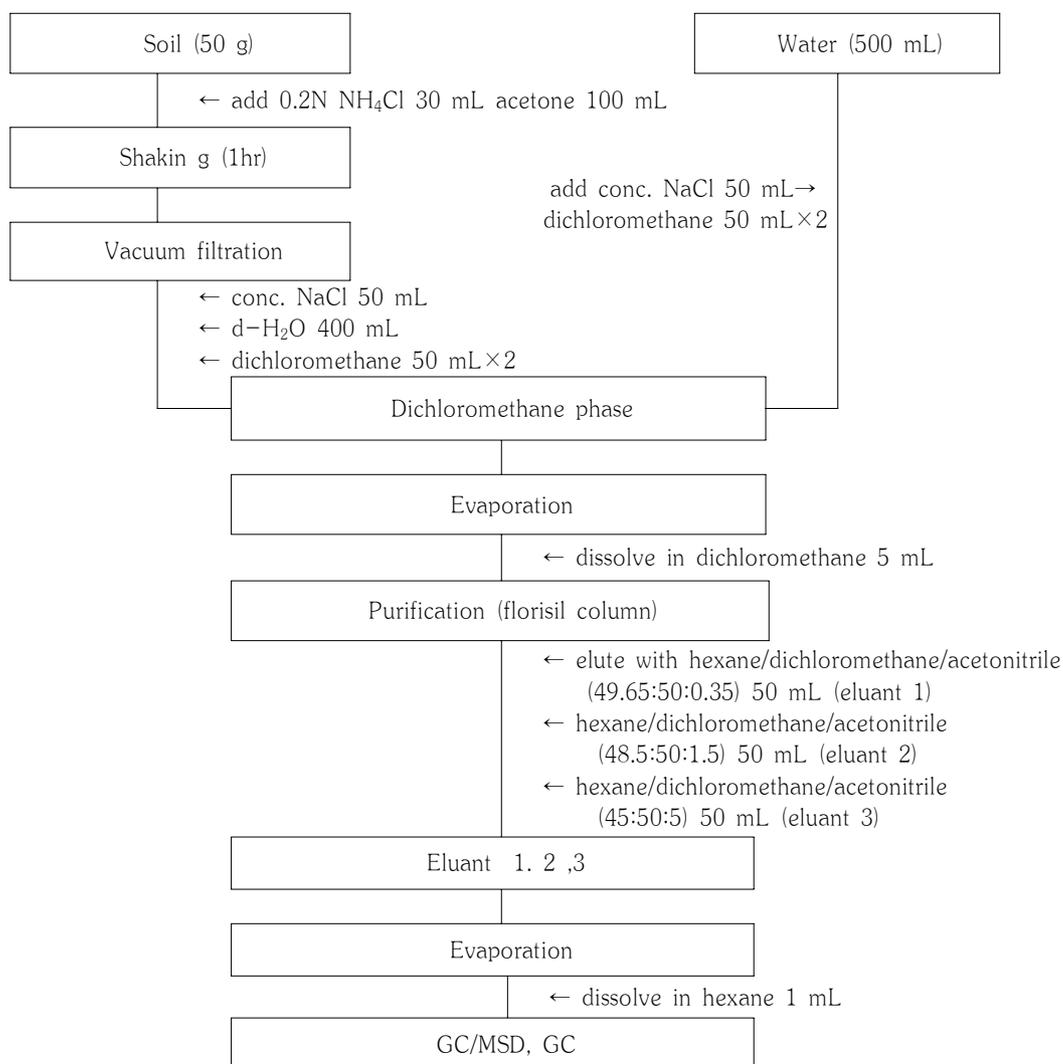


Fig. 1. A scheme for multiresidue analysis of pesticides.

Table 3. Operating conditions of instruments for residual pesticides analysis

	GC/MSD	GC-ECD/NPD
	Agilent 6890N GC/5973i MSD	Agilent 6890N GC
Column	HP-5MS (30m × 0.25mm × 0.25 μm)	HP-5 (30m × 0.25mm × 0.25 μm)
Oven temp.	120°C (1 min) → 5°C/ min → 200°C (3 min) → 3°C/ min → 250°C (5 min) → 290°C (5 min)	120°C (1 min) → 5°C/ min → 200°C (3 min) → 3°C/ min → 250°C (5 min) → 290°C (5 min)
Injector (Inlet) temp.	250°C	260°C
Detector (Aux) temp.	Source : 230°C Quad. : 150°C	ECD : 280°C NPD : 325°C

결 과

기장지역의 농업환경

부산광역시의 동단에 위치한 기장군은 동해와 접하여 해양성 기후의 영향을 많이 받고 있어, 연평균기온이 14.7℃ 정도로 비교적 온화한 편이며, 최근 5년간 평균 강수량은 1,300 mm 정도이고, 연간 강우량의 50 ~ 60% 가 5 ~ 8월에 집중되어 있다. 적설은 거의 없으며 습도는 여름철에 80% 이상으로 다습하고, 겨울에는 40% 이하로 매우 저습한 편이다. 강서구와 더불어 부산광역시의 대표적인 농업생산단지인 기장군은 강서 지역과 달리 평야가 적지만, 좌광천, 장안천, 일광천, 철마천 등의 수리를 이용한 근교농업이 발달하였다. 농경지면적은 3,579 ha 이고, 이중 1,064 ha 가 논농사지역이며, 1,090 ha 가 밭농사지역이다. 2007년 기장군 자료³⁾에 의하면 농가호수는 3,298호로 군 전체의 11% 를 차지하며 농업에 종사하는 농가인구는 12,490명이다. 주요 농산물로는 쌀을 비롯하여 배, 당근, 미나리, 토마토 등이 있으며, 화훼 생산량도 많은 편이다.

논토양의 농약잔류실태

Table 4는 이번 조사의 결과를 나타낸 표이다. 논토양에서는 살균제인 isoprothiolane 이 4월과 12월에 검출되었고, 각각 0.036 mg/kg, 0.015 mg/kg 의 검출량을 나타내었다.

Isoprothiolane 은 침투, 이행성의 약제로 병원균의 인지질 생합성 저해로 벼 도열병균의 균사신장 및 포자 형성을 저해하며 병원균의 수도체내 침입을 저해하는 작용이 있어 예방적 효과가 큰 것으로 알려져 있다⁴⁾. 벼 이앙시기에는 모도열병과 육묘상도열병이 많이 발생하는 시기로 도열병과 마름병에

사용하는 isoprothiolane 이 4월경에 방제로 사용되었음을 알 수 있다. 벼를 수확한 후에는 벼짚을 토양에 혼합하여 토양내 양분 등 유기물함량을 높여 토양을 관리하는데 12월의 검출양상은 이 때 들어간 벼짚에서 유래한 것으로 판단되어진다.

밭토양의 농약잔류실태

밭은 이번 조사기간 중 쪽파 - 얼갈이 - 쪽파의 작부체계로 봄, 가을에는 쪽파를 재배하고, 여름에는 얼갈이를 돌려짓는 윤작의 재배형태를 보였다. 농약은 쪽파 재배시기인 2, 4, 10, 12 월 조사에서 검출되었고, 얼갈이 재배시기(6, 8월)에는 검출되지 않았다. 제초제 성분인 alachlor 와 살충제 성분인 chlorfenapyr 는 쪽파 재배기간 중에는 계속 검출되었다. 그 외, 살균제 성분인 isoprothiolane 이 4월 조사결과에서 검출되었다. 시기별 농약 검출양상은 2월에는 alachlor 성분이 0.101 mg/kg, chlorfenapyr 성분이 0.019 mg/kg 검출되었고, 4월에는 alachlor 0.347 mg/kg, chlorfenapyr 0.039 mg/kg, isoprothiolane 0.048 mg/kg 검출되었다. 10월은 alachlor 0.199 mg/kg, chlorfenapyr 0.031 mg/kg, 12월은 alachlor 0.497 mg/kg, chlorfenapyr 0.029 mg/kg 의 검출양상을 나타내었다.

Alachlor 는 벼과 잡초의 발아 억제제로 적은 양으로 살초활성을 나타내며 밭잡초 방제용으로 널리 사용되지만, 토양 흡착성이 매우 강하고 잔효성이 긴 특징이 있다⁴⁾. Chlorfenapyr 는 총채벌레, 파밤나방, 응애 등을 방제하는 살충제로 밭작물과 과수재배에 폭넓게 사용되고 있다.

Table 4. Residual level of pesticides in soil and agricultural water samples

	Month					
	2	4	6	8	10	12
Paddy field	-	Isoprothiolane (0.036)*	-	-	-	Isoprothiolane (0.015)
Upland	Alachlor (0.101)	Alachlor (0.347)	-	-	Alachlor (0.199)	Alachlor (0.497)
	Chlorfenapyr (0.019)	Chlorfenapyr (0.039)			Chlorfenapyr (0.031)	Chlorfenapyr (0.029)
Orchard	-	-	Myclobutanil (0.106)	Alachlor (0.022)	Endosulfan (0.214)	Endosulfan (0.196)
			Alachlor (0.049)	Chlorfenapyr (0.012)		
			Chlorfenapyr (0.043)	Diazinon (0.012)		
Water	-	-	-	-	-	-

* ; (concentration) mg/kg

과수원토양의 농약잔류실태

과수원토양은 기장지역의 대표적 과수작목인 배를 재배하는 토양을 대상으로 조사하였고, 조사 기간동안 가장 많은 총 5종의 농약성분이 검출되었다. 시기별 검출 농약성분을 살펴보면, 2월과 4월에는 농약성분이 검출되지 않았다. 6월에는 가장 많은 성분이 검출되었는데, myclobutanil 0.106 mg/kg, alachlor 0.049 mg/kg, chlorfenapyr 0.043 mg/kg 및 diazinon 0.012 mg/kg의 검출량을 나타내었다. 8월에는 alachlor 와 chlorfenapyr 성분이 0.022 mg/kg 및 0.012 mg/kg 농도로 각각 검출되었다. 10월과 12월 조사에서는 endosulfan 성분이 0.214, 0.196 mg/kg 농도로 검출되었다. 검출된 농약성분 중에는 살충제(chlorfenapyr, diazinon, endosulfan)가 3종으로 가장 많이 검출되었는데(Table 5), 날씨가 따뜻해지는 6월부터 지속적으로 사용되었고, 여름철에는 살균제(myclobutanil) 및 제초제 (alachlor)도 함께 사용됨을 알 수 있다. 한편, 검출된 농약 중 Myclobutanil 은 침투이행성 살균제로 국내에서는 흰가루병, 녹병, 겹무늬썩음병, 검은별무늬병, 붉은별무늬병 등을 방제하기 위하여 사용되며, 배 중에 발생하는 검은별무늬병과 붉은별무늬병 방제용으로 등록되어 있다⁵⁻⁷⁾. 살충제 diazinon 은 과수류의 심식충류, 잎말이나방류, 진딧물류, 매미충류, 깍지벌레류 등의 방제를 위해 사용되며, 그 외, 벼와 콩류 및 채소류 등에 광범위하게 사용된다. 토양 및 식물체내에서 비교적 신속하게 분해되므로 잔류성이 낮은 특성을 가지고 있다⁴⁾.

수질의 농약잔류실태

수질시료는 환경 중으로 어느 정도의 농약성분이 배출되는지 알아보기 위하여, 토양조사지역 주변의 하천을 대상으로, 논, 밭, 과수원의 농업용수로 사용된 후, 하천의 지류로 합류되는 지점을 선택하여 잔류농약을 분석하였다(Table 4). 조사기간 중 수질시료에서는 농약성분이 검출되지 않아, 수질환경으로 유출되는 농약성분은 미미한 수준으로 판단되어진다. 토양 중에 존재하는 농약은 강우, 이슬 및 바람 등의 영향으로 수계로 이행되며, 농약의 특성과 강우시기 및 강우강도 등의 여러 복합적인 인자들이 여기에 관여된다⁸⁻¹⁰⁾. 수계에서의 농약성분의 잔류량

도 이들 인자들의 영향을 받으며, 수량에 따른 희석작용도 농약성분의 잔류량에 영향을 미친다.

본 연구의 조사지역은 하천의 한 지류가 농업용수로 사용되고, 다시 하천의 큰 지류로 합류되어 흐르는, 끊임없는 수질의 흐름이 일어나는 곳으로 하천의 수량에 따른 희석작용의 영향으로 본 실험의 분석기기에서 검출되지 않았을 것이라고 판단된다. 한편, 안 등¹¹⁾은, 수계에서의 농약성분은 대부분 부유입자에 흡착되어 침강한 후 저질층의 유기물에 흡착되므로 수중에 잔존하는 농약성분은 매우 적다고 보고하고 있고, 실제로 바닥흙에 흡착된 농약의 농도는 수중에 비해 높은 것이 일반적이다. 수생생물에 유해작용을 하는 농약은 수중에 녹아있는 농약이 대상이 되며, 바닥흙에 흡착된 농약은 직접적으로 작용하지 않기 때문에 수생생물에 대한 영향은 미약하다고 할 수 있을 것이다. 보다 정확한 수계로의 농약성분 이행정도와 잔류정도를 확인하기 위해서는 수질과 저니토에 대한 조사가 함께 이루어져야 할 것으로 생각된다.

고 찰

작물의 재배에 살포된 농약은 작물에 일부 부착되고, 대부분은 토양에 떨어져 잔류한다. 부착된 농약도 바람과 강우 등의 영향으로 반아, 다시 토양으로 또는 수계로 이동하게 되어 작물에 부착되어 잔류하는 양은 토양, 수질 등의 환경에 비해 극히 일부라 할 수 있다. 농약의 작물체 부착성은 약효와 직접적으로 관련되어 있지만, 부착량이 많으면, 잔류량이 증가하여 문제가 될 수 있다. 농약의 부착성은 농약의 종류에 따라 차이를 보이고, 제형에 따라서도 차이를 보인다. 일반적으로, 유화제와 유기용매를 함유한 유제의 농약이 부착량이 많은 편이며, 침투이행성 농약은 작물의 조직내로 침투하는 성질이 강하여 강우 등과 같은 외부환경의 영향을 적게 받는다. 또한, 작물의 표면적과 성상에 따라서도 큰 차이가 있어 표면적이 넓은 작물일수록 부착량이 많고, 표면이 거칠거나 털이 있는 작물이 표면이 매끈한 작물보다 부착량이 많은 경향이 있다.

Table 5. Sort of detected pesticides by use types

	Use type		
	Fungicide	Insecticide	Herbicide
Paddy field	Isoprothiolane		
Upland	Isoprothiolane	Chlorfenapyr	Alachlor
Orchard	Myclobutanil	Chlorfenapyr Diazinon Endosulfan	Alachlor

작물의 농약 부착량과 관련된 잔류량은 우리 연구원을 비롯한 여러 검사기관에서 생산, 혹은 유통 중의 농산물을 대상으로 지속적인 모니터링을 통해 관리되고 있지만, 토양, 수질 등의 농업환경 중에서의 농약잔류실태는 아직까지 체계적인 조사연구가 이루어지지 못하고 있다. 이에 본 연구는 부산지역 주요 농산물경작지를 대상으로 2008년 강서지역 조사연구에 이어 기장지역의 농경지를 대상으로 토양, 수질 등의 농업환경에서의 농약잔류실태를 조사하였다. 토양 중에 검출되는 잔류농약의 수준은 농약 살포 후 잔류량을 분석하는 시기나 토양 상태, 기후 환경 등에 크게 좌우되므로 보통의 경우, 농작물을 수확하고, 다음 작물을 재배하기 직전에 토양을 채취하여 분석한다¹²⁾. 본 연구에서는 어느 정도의 농약 성분이 토양에 노출되고, 축적되는지 알아보고자 실제로 경작 중인 농경지를 대상으로 연중 격월로 농약 잔류실태

를 조사하였다.

조사결과, 논토양 1종, 밭토양 3종 및 과수원토양에서 5종의 농약성분이 검출되었으며, 농업용수의 수질시료에서는 농약 성분이 검출되지 않았다. 검출된 농약성분으로는 논토양에서 isoprothiolane 이 총 6회의 조사기간 중 2회 검출되었고, 평균 0.026 mg/kg의 검출량을 보였다. 밭토양은 alachlor 와 chlorfenapyr가 4회 검출되었고, 각각 0.286 mg/kg, 0.030 mg/kg 의 평균 검출량을 나타내었다. Isoprothiolane 은 1회 검출되었고, 검출량은 0.048mg/kg 이었다. 과수원토양은 alachlor, chlorfenapyr 및 endosulfan 이 2회씩 검출되었고, 각각 0.036 mg/kg, 0.028 mg/kg, 0.205 mg/kg 의 평균 검출량을 보였다. 그 외, myclobutanil 과 diazinon 이 1회씩 검출되었고, 검출량은 0.106 mg/kg, 0.012 mg/kg 이었다.

Table 6. Detection frequency and concentration of pesticides in agricultural soil samples from Gangseo district in 2008

	Pesticide	Frequency rate* (%)	Aver. concentration** (ppm)
Paddy field	Endosulfan	58.3	0.219
	Hexaconazole	41.7	0.289
	Flutolanil	25.0	0.096
	Chlorfenapyr	16.7	0.023
	Methidathion	16.7	1.427
Upland	Endosulfan	100.0	0.388
	Pendimethalin	37.5	0.127
	Tefluthrin	33.3	0.007
	Methidathion	25.0	0.630
	p,p'-DDE	20.8	0.005
	Isoprothiolane	16.7	0.008
	Fenitrothion	12.5	0.360
	Alachlor	12.5	0.023
	Ethoprophos	8.3	0.397
	Diphenylamine	4.2	0.004
	Phenthoate	4.2	0.017
	Bifenthrin	4.2	0.008
	Parathion-methyl	4.2	0.004
	Chlorfenapyr	4.2	0.003
Quintozene	4.2	0.001	
Orchard	Endosulfan	25.0	4.153
	Diazinon	8.3	0.011

* Percent of detection frequency during survey period

** Mean value for detected pesticides

Table 6 은 2008년 강서지역에서 수행한 조사결과를 토양별 농약성분의 검출빈도와 검출량으로 나타낸 것이다¹³⁾. 조사지역과 조사시기, 토양별 재배 작목 및 작부방식 등이 달라 직접적으로 결과를 비교할 수 없지만, 검출된 농약의 종류와 수에 있어서 강서지역과 기장지역의 결과가 많은 차이를 보였다. 토양 중에 존재하는 농약은 강우 등에 의한 이동과 용탈 외에도 공기중으로 휘산되어 소실되기도 하고, 태양광에 의한 분해도 일어나며, 토양 미생물에 의한 생물적인 분해와 가수분해 등의 화학적 반응에 의해 분해되기도 하는데, 강서지역의 경우, 시료를 매일 채취분석하여 분석횟수가 훨씬 많았고, 분석기간이 짧아 토양 중에 존재하는 농약성분의 소실이 상대적으로 적었을 것으로 생각된다. 또한 두 지역간의 작부방식과 재배작목의 차이도 있는데, 강서지역 논외의 경우, 벼를 수확한 후 대파를 다시 심어 재배하는 작부형태를 보였고, 밭의 경우는 대파를 연중 계속 재배하는 연작의 형태를 보였다. 이와 달리, 기장지역은 논외의 경우, 벼를 수확한 후 벼짚을 토양에 혼합하여 토지를 관리하였고, 밭의 경우는 쪽파와 열갈이를 돌려짓는 윤작의 형태를 보여 강서지역보다는 농약 사용을 줄이는 영농방식을 취하고 있었다.

한편, 강서지역 조사연구 결과에서는 논, 밭, 과수원토양 전체에 걸쳐 endosulfan 을 비롯하여 hexaconazole, pendimethalin, DDE, alachlor 등의 내분비계 장애물질로 추정되는 성분들이 높은 빈도로 검출되었는데, 본 연구의 조사결과에서는 alachlor 가 비교적 높은 빈도로 검출되었지만, 그 외 성분은 우려할 만한 수준의 검출빈도를 보이지 않았다. 이것은 내분비계 장애물질에 대한 연구는 아직까지 계속되고 있지만, 이들 물질들에 대한 심각성을 인식한 농촌진흥청이나 식품의약품안전청 등의 관계기관이 농산물 재배기간 중 이들 물질에 대한 사용을 금지하고, 농산물 잔류허용기준을 강화하는 일련의 조치들로 인해 감소한 것으로 사료되고, 특정 농약의 사용과 검출량상의 추이와 관련해서는 이들 지역에 대한 주기적인 조사연구가 뒤따라야 할 것으로 생각된다.

부산의 대표적인 농산물 생산지의 농업환경에서의 농약잔류실태를 조사한 본 연구의 결과는 농약오염의 수준을 나타내는 수치는 아니지만, 농산물 경작 중에 잔류하는 농약의 종류와 잔류수준을 살펴보는 그 자체로 중요한 의미를 가진다고 볼 수 있으며, 농업환경보전과 안전농산물 생산을 위한 기초자료를 제공하고, 농산물 생산 농가의 농약안전사용을 유도하는 합과 동시에 농약 안전관리 정책수립에 밑거름이 될 것으로 사료된다.

결 론

본 연구는 농업환경에서 어느 정도의 농약 성분이 노출되고, 축적되는지 알아보고자 부산 기장지역의 농경지와 농업용

수를 대상으로 농약잔류 실태를 조사하였다. 2009년동안 2개월에 한번씩 토양과 주변 관개수에서 시료를 채취하여 분석한 결과, 논토양 1종, 밭토양 3종 및 과수원토양에서 5종의 농약성분이 검출되었으며, 농업용수의 수질시료에서는 농약성분이 검출되지 않았다. 검출된 농약성분으로는 논토양에서 isoprothiolane 이 총 6회의 조사기간 중 2회 검출되었고, 평균 0.026 mg/kg의 검출량을 보였다. 밭토양은 alachlor 와 chlorfenapyr 가 4회 검출되었고, 각각 0.286 mg/kg, 0.030 mg/kg 의 평균 검출량을 나타내었다. Isoprothiolane 은 1회 검출되었고, 검출량은 0.048 mg/kg 이었다. 과수원 토양은 alachlor, chlorfenapyr 및 endosulfan 이 2회씩 검출되었고, 각각 0.036 mg/kg, 0.028 mg/kg, 0.205 mg/kg 의 평균 검출량을 보였다. 그 외, myclobutanil과 diazinon 이 1회씩 검출되었고, 검출량은 0.106 mg/kg, 0.012 mg/kg 이었다.

참 고 문 헌

1. 이미경, 홍무기, 박건상, 최동미, 임무혁, 이서래, "한국에서 농산물중 농약잔류 허용기준의 설정절차", *Korean J. Food Sci. Technol.* 37, pp.685~694(2005).
2. 최주현, 이병무, 김찬섭, 박현주, 박병준, 김진배, "우리나라 농경지 토양 중 잔류농약 실태 및 대책", 2002년도 한국농약과학회 추계학술발표대회 논문집(2002).
3. 기장군 2008년 군정백서
4. 정영호, 김장역, 김정환, 이영득, 임치환, 허장현, 최신농약학, 개정판, 시그마프레스(주), (2004).
5. To mLin, C. D. S. : The pesticide manual. The British Crop Protection Council, pp.125 (2003).
6. 김승철, 김충희, "배나무 붉은별무늬병(적성병)에 관한 연구", *한국식물보호학회지*, 19(11), pp.39~44(1980).
7. 신일섭, 현익화, 황해성, 홍성식, 조강희, 조현모, "배 검은별무늬병 저항성 육성재료 탐색", *원예과학기술지*, 20(1), pp.63~68(2004).
8. 김균, 김정환, 박창규, "강우에 의한 농약의 토양 표면유출 특성", *한국환경농학회지*, 16(3), pp.274~284(1997).
9. 김성수, 김태한, 이상민, 박동식, "실내 인공강우를 이용한 강원도 고랭지 토양의 토성 및 경사도별 농약 이동특성", *한국농약과학회지*, 9(4), pp.316~329(2005).
10. McCall, P. J., Swann, R. L., Laskowski, D. A., Unger, S. M., Vrona, S. A. and Dishburger, H. J., "Estimation of chemical mobility in soil from liquid chromatographic retention times", *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 24, pp.190~195(1980).
11. 안용준, 신진섭, 이해근, "농약, 환경 그리고 인간, 농촌진흥청 심포지움", *농약연구소*, 19, p78(1992).

12. 오병렬, “토양 중 잔류농약의 효과적 경감방안 : 토양중 잔류농약 미생물이 끊임없이 분해” , 생활과 농약, 3, pp.26~29 (2006).
13. 윤호철, 박지현, 차경숙, 박은희, 윤종배, 김병준, 박선희, 박준여, 이진열, 강정미, 빈재훈, “부산지역 주요 농산물경작지의 농약오염 실태조사연구” , 부산보건환경연구원보, 18(1), pp.75~83(2008).