

# 서울 강남지역 채소류 경작지의 토양 중 잔류농약 실태조사

최채만\* · 육동현 · 홍채규 · 김태랑 · 황영숙 · 황인숙 · 김정현 · 김무상 · 채영주

서울시보건환경연구원 강남농수산물검사소 농산물검사팀

(2011년 6월 10일 접수, 2011년 6월 22일 수리)

## Monitoring of Residual Pesticides in Agricultural Land from the Southern Area of Seoul

Chae-Man Choi\*, Dong-Hyeon Yook, Chae-Kyu Hong, Tac-Rang Kim, Young-sook Hwang, In-Sook Hwang, Jung-Hun Kim, Mu-Sang Kim and Young-zoo Chae

Kangnam Agricultural Products Inspection Team, Kangnam Agro-marin Products Inspection Center, Research Institute of Public Health & Environment, Seoul 138-160, Korea

### Abstract

Monitoring of pesticide residues were conducted at three sites in the Southern Area of Seoul, Korea (Gang-nam, Gang-dong and Song-pa). We measured pesticide residues within soil samples using multi-pesticide residues analysis. Samples were collected at the three sites with 60 sampling spots. The amount of pesticide residues in the soil samples were as follows [(minimum-maximum), mg/kg] endosulfan 0.002-0.999, procymidone 0.002-1.200, diazinon 0.003-0.024, metalaxyl 0.012-0.075. In soil treated with 0.445 mg/kg of endosulfan, the pesticide absorbed by chamnamul, was 0.157 mg/kg (Absorption rate : 35.3%). However, in soil treated with 0.358 mg/kg of endosulfan, the pesticide absorbed by lettuce, was 0.004 mg/kg (Absorption rate : 1.1%).

**Key words** monitoring, soil, agricultural land, endosulfan, pesticide residues

## 서론

토양은 물, 대기와 함께 환경의 주요 구성요소로서 인간을 포함한 생물의 생존기반이 될 뿐만 아니라 물질순환 및 생태계 유지에 중요한 역할을 담당하고 있다. 유해물질에 의한 토양오염은 유해농산물의 생산, 농작물의 이상 생육, 지하수의 오염 등과 같이 2차적인 피해로 나타나기 때문에 수질오염이나 대기오염에 비해 경시되어왔다. 그러나 근래에 와서는 산업화, 도시화, 경제발전에 따라 토양오염의 광역화와 아울러 오염물질의 다양화가 일어나고 있고, 토양환경의 오염관리 및 보전대책이 요청되고 있다(Lee 등 1996).

농약은 농작물을 재배할 때 가장 큰 장애요인인 병해충과 잡초로부터 농작물을 보호하여 농산물을 안정적으로 생산하고 농업소득을 증대함은 물론 수확 후 농작물 저장단계에서도 중요한 역할을 한다. 하지만 농약은 잔류특성을 지니며 만성독성을 야기하는 것으로 알려져 있고 이로 인해 잔류농약 문제가 지적되고 있다(Pyysalo, H, 1983).

살포된 농약은 처리대상이나 방법에 관계없이 대부분이 토양에 들어가게 된다. 토양 중 농약의 행동에 영향을 주는 약제의 주요 특성은 일반적으로 용해도, 이온화정도, 휘발성 및 토양과의 반응성 등이며(Laskowski, D. A, 1982), 토양의 특성으로는 점토광물의 종류와 함량, 유기물 함량과 특성, 토양용액의 pH, 토양 수분함량, 토양온도 등을 들 수 있다(Green, R. E. and S. W. Karickhoff, 1990).

\*연락처 : Tel. +82-2-3401-6291, Fax. +82-2-3401-6742  
E-mail: chaeman7@seoul.go.kr

이러한 요인들은 토양환경에서 상호작용을 통하여 복잡한 반응을 거치므로 어느 요인이 농약의 잔류성에 더 중요하게 작용하는 지를 결정하기는 매우 어렵다.

토양에서의 농약의 행동 중 가장 중요한 점은 투여된 농약이 얼마 동안 잔류되는가 하는 문제이다. 농약의 이동 및 잔류성은 농약의 이화학적 특성, 토양의 특성 및 환경요인 등에 따라 크게 변화된다(Nakagawa, L. E, 1996). 이러한 이유에서 신규농약의 개발이나 기존약제의 사용 환경이 변화되는 경우는 약제의 이화학적 특성 및 약효를 규정하는 것 이외에, 토양 환경 중에서의 행동 특성을 조사하고 이에 따른 영향의 평가가 요구된다.

농약의 사용으로 생산량 증가라는 유익성을 보장 받지만, 과다사용 및 연용은 경작지의 농약 잔류문제, 수계유입으로 인한 지하수 및 하천 오염과 농약 저항성 병해충 및 잡초의 출현 등 다양한 문제를 야기할 수 있다. 그러나 이 지역에 대한 농약 잔류 실태에 대한 연구 자료가 미흡하여 농약사용으로 인한 정경 재배지역의 오염과 관리방안 모색에 어려움이 있는 실정이다(Pal, R. Chakrabarti 등 2005).

따라서 본 연구에서는 서울 강남지역 채소류경작지의 토양 중 잔류농약 실태를 조사하여 향후 서울 강남 채소류 경작지의 올바른 농약사용과 농업환경 오염방지를 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 분석시료

본 연구는 2010년 4월부터 2011년 6월 사이에 서울 강남지역인 강남구 율현동, 세곡동, 자곡동, 수서동, 송파구 문정동, 장지동, 강동구 암사동, 강일동, 고덕동 작목반에서 경작 형태는 주로 채소류(참나물, 부추, 시금치, 상추)를 재배로 하는 전형적인 도시지역 토양의 표토 30 cm을 채취하여 총 60 점을 시료로 사용하였다.

또한 농산물 시료는 강남구와 강동구 작목반에서 참나물과 상추 각각 1 kg을 채취하여 사용하였다.

### 시약 및 기구

농약의 표준품 59종은 Dr. Ehrenstoffer GmbH(Augsburg, Germany) 및 Wako Chemicals USA, Inc(Richmond, VA, USA)사로부터 구입하여 사용하였고, 시료 전처리과정 중 추출 용매인 acetone 및 hexane(Wako pure Chemical Industries, Ltd., Japan), acetonitrile(Merk, Germany)은 잔류 농약용

을 사용하였다. 또한 NaCl(Duksan pure chemical Co., Ltd., Korea)은 특급시약을 사용하였다. 또한 시료의 정제 과정을 위해 aminopropyl 카트리지(1 g/6 mL, Waters Co., Milford, MA, USA)를 사용하였다.

### 표준용액 조제

각각의 표준품은 acetone에 녹여 1 mL당 1,000  $\mu\text{g}$ 을 함유하도록 표준원액을 만들고, 이를 GC-ECD로의 분석용 혼합 표준용액 group 1과 GC-NPD로의 분석 가능 혼합 표준용액 group 2로 하였다. 이를 각각 1 mL당 100  $\mu\text{g}$ 으로 희석하여 4±2°C 냉장 보관하다가 사용전에 이 표준용액을 1 mL당 0.01-50  $\mu\text{g}$ 으로 희석하여 사용하였다.

### 시료의 전처리

#### 추출

채취한 토양 50 g(풍건토양기준)을 376 mL Macro chamber assembly병에 칭량 후 증류수 100 mL를 넣고 shaker(Jisico, Korea)로 1시간동안 추출하였으며, 농산물 시료는 가식부를 분리하여 균질기(Robot-coupe BLIXER 5plus, Jackson, MS, USA)로 균질화 후 그중 50 g을 칭량한 다음 추출한 토양과 칭량한 농산물을 acetonitrile 100 mL를 넣고, Omni macro homogenizer(International. Waterbury, CT, U.S.A)로 3,800 rpm, 2분간 균질화하여 이 시료를 여지를 이용하여 염화나트륨 10 g을 넣은 200 mL N·W milk dilution bottle 에 여과한 후 1분간 흔들어 섞는다. 용매 추출액을 30분 동안 정치하고 acetonitrile과 물 층을 분리시킨다.

#### 농축

상등액(아세토니트릴층) 20 mL를 취하여 40°C 이하의 수욕 상에서 감압 하에 용매가 소량 남을 때까지 증발 농축한다. 다시 20% 아세톤 함유 헥산 4 mL를 넣어 벽면의 잔류물을 완전히 녹인다.

#### 정제

미리 florisisil cartridge에 20% 아세톤 함유 헥산 5 mL를 초당 2-3방울 정도의 속도로 유출하여 버린 후 시험용액 2 mL를 초당 1-2방울 정도의 속도로 용출시켜 시험관에 받는다. 다시 카트리지에 용매가 젖어있는 상태에서 20% 아세톤 함유 헥산 5 mL를 용출하여 동일 시험관에 모은 용출액은 질소가스로 농축하고, 20% 아세톤 함유 헥산 2 mL를 가하여 시험용액으로 하였다.

## 분석 기기와 조건

GC/ $\mu$ ECD는 HP 6890 series II(Hewlett-packard 6890 series II, U.S.A), GC/NPD와 GC/MSD는 Agilent 6890N (Hewlett-packard, U.S.A)을 사용하여 Table 1, Table 2와 같은 조건으로 분석하였다.

## 회수율 실험

각각의 표준품을 칭량한 후 유기용매로 용해하여 1,000 mg/L stock solution을 조제하였다. 분석대상 농약의 혼합 표준용

액 1,000 mg/L으로부터 4.0 mg/L, 2.0 mg/L 용액을 조제하여 토양 시료에 각각 0.1, 0.002 mg/L 수준으로 처리한 후 토양 시료의 분석방법과 동일하게 3회 반복 처리하여 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 잔류분석법의 회수율 및 검출한계

Endosulfan, procymidone, diazinon, 그리고 metalaxyl을

**Table 1.** Analytical conditions of GC/NPD and GC/ $\mu$ ECD

Instrument	Agilent 6890N	
Detector	Nitrogen-phosphorus detector	$\mu$ Electron capture detector
Column	DB-1701 14% cyanopropyl phenyl methyl (30 m $\times$ 320 $\mu$ m ID $\times$ 0.25 $\mu$ m film thickness) HP-5 5% phenyl methyl siloxane (30 m $\times$ 320 $\mu$ m ID $\times$ 0.25 $\mu$ m film thickness)	
Oven temp.	100 $^{\circ}$ C (2min) $\rightarrow$ 10 $^{\circ}$ C/min $\rightarrow$ 200 $^{\circ}$ C(1min) $\rightarrow$ 10 $^{\circ}$ C/min $\rightarrow$ 260 $^{\circ}$ C (9 min)	150 $^{\circ}$ C (2min) $\rightarrow$ 10 $^{\circ}$ C/min $\rightarrow$ 240 $^{\circ}$ C (2min) $\rightarrow$ 15 $^{\circ}$ C/min $\rightarrow$ 270 $^{\circ}$ C (25min)
Injection temp.	210 $^{\circ}$ C	230 $^{\circ}$ C
Detector temp.	320 $^{\circ}$ C	280 $^{\circ}$ C
Gas flow	N <sub>2</sub> (1.5 mL/min) Air (60 mL/min) H <sub>2</sub> (4 mL/min)	N <sub>2</sub> (1.5 mL/min)

**Table 2.** Analytical conditions of GC/MSD

Instrument	Agilent 6890N	
Column	HP-5MS 5% phenyl methyl siloxane (30 m $\times$ 250 $\mu$ m ID $\times$ 0.25 $\mu$ m film thickness)	
Oven temp.	100 $^{\circ}$ C (2min) $\rightarrow$ 10 $^{\circ}$ C/min $\rightarrow$ 280 $^{\circ}$ C (10 min)	
Injection temp.	230 $^{\circ}$ C	
Carrier gas	He (splitless, 1.0 mL/min)	
MSD	Ionization method	Electron impact at 70 eV
	Ion source temp.	230 $^{\circ}$ C
	Transfer line temp.	280 $^{\circ}$ C
	Scan range	50-550 m/z (2.91 scan/sec)

**Table 3.** Detection limits and recovery of pesticides in soil

compound	Fortification (mg/kg)	Recovery <sup>1)</sup> (%)	Limit of detection (mg/kg)
endosulfan	0.04	82.1 $\pm$ 4.1	0.003
	0.2	88.9 $\pm$ 3.7	
procymidone	0.04	99.2 $\pm$ 5.6	0.006
	0.2	100.2 $\pm$ 9.5	
diazinon	0.02	89.7 $\pm$ 4.8	0.002
	0.1	96.4 $\pm$ 7.2	
metalaxyl	0.02	92.5 $\pm$ 6.2	0.002
	0.1	98.2 $\pm$ 7.1	

2수준 3반복 처리한 회수율시험에서 endosulfan은 82.1~88.9%, procymidone 99.2~100.2%, diazinon 89.7~96.4%, metalaxyl 92.5~98.2% 변이계수는 3.7~9.5%로 양호한 재현성을 보였으며, 검출한계는 endosulfan 0.003 mg/kg, procymidone 0.006 mg/kg, diazinon 0.002 mg/kg, metalaxyl 0.002 mg/kg이었다(Table 3).

**작물재배기간 중 재배지 토양 중 농약잔류 실태**

강남일부(강남구, 강동구, 송파구)지역의 주 재배작물은 참나물, 부추, 시금치, 상추로 토양 중 검출된 농약은 endosulfan, procymidone, metalaxyl, diazinon 이었으며, 검출범위는 0.002-1.2 mg/kg 수준이었다(Table 4). 참나물 재배지 토양에서 endosulfan 등 4종, 부추 재배지에서 procymidone 등 4종, 시금치 재배지에서 metalaxyl 등 3종, 상추 재배지에서 diazinon 등 3종이 검출되었는데 이들 농약은 주로 살충제와 살균제 성분으로 작물 재배기간 동안 검출되었다. 이와 같이 밭 토양에서 검출된 농약성분은 담배나방, 이화명나방, 애바구미를 방제하기 위해서 사용된 농약들로 검출된 농약들은 대체적으로 반감기가 긴 성분들이다.

참나물 재배지에서는 endosulfan이 0.005-0.251 mg/kg, procymidone은 0.026-1.2 mg/kg의 범위를 보였다.

부추 재배지에서도 endosulfan 0.004-0.999 mg/kg, diazinon 0.003-0.024 mg/kg, procymidone 0.024-0.042 mg/kg로 검출되었다. 또한 시금치 재배지에서 endosulfan은 0.003-0.256 mg/kg의 검출범위를 보였고, 뿌리썩음병과 담배역병 예방에

효과적인 침투성 살균제인 metalaxyl은 0.012 mg/kg 수준이었다.

상추 재배지에서 endosulfan은 0.002-0.129 mg/kg의 범위를 보였으며 diazinon이 0.003 mg/kg수준이었다. 특히 diazinon은 유기인계 살충제로서 주로 접촉 및 식독작용에 의하여 신경전달물질(acetylcholine)의 분해효소인 acetylcholinesterase의 활성을 저해함으로써 살충력을 발휘하며(TomLin, C. D. S. 2006), 특히 우리나라에서 광범위하게 사용되고 있는 살충제(한국작물보호협회, 2009) 중 하나로, 인축에 대한 독성이 높은 편이나 토양 및 식물체내에서 비교적 신속하게 분해되므로 잔류성이 낮은 특성을 갖고 있다(정 등, 2004).

외국의 연구결과와 비교하였을 때 조사지역의 토양 중 endosulfan, procymidone, metalaxyl, diazinon의 검출범위는 0.002-1.200 mg/kg으로, 이집트(Samia El-Kabbany, 2000)에서 모니터링 한 농경지 토양 diazinon, endosulfan, chlorpyrifos 등 1.0 mg/kg과 유사하였으며, 또한 미국(Jinky Leilanie Del Prado, 2010)의 농작물재배지 토양 endosulfan 1.0 mg/kg, 이탈리아 endosulfan 0.23-3.88 mg/kg와 비교하여 유사하거나 낮은 수준이었다.

강남일부(강남구, 강동구, 송파구)지역 채소류 경작지에서 파종 및 정식전과 생육 시에 해충 방제용으로 살포하는 유기염소계 토양 살충제인 endosulfan이 모든 시료 채취지역과 모든 시기에 검출되었고, 또한 가장 높은 검출 빈도를 보였다는 것은 이 약제의 사용이 가장 빈번하였음을 말 해 주는 것이며, 이것은 동일 작물의 연속재배에 따른 해충 발생이 심각

**Table 4.** The pesticide concentration in soil during the crop cultivation at the Gang-nam agricultural arable land

Type	Pesticide	Range of concentrations (mg/kg)				
		April	May	June	July	Aug.
Chamnamul	endosulfan	0.031-0.182	0.005-0.164		0.033-0.239	0.251
	procymidone	1.200	0.026			0.032
	diazinon	0.008			0.001	
	metalaxyl			0.023		
Leek	endosulfan		0.006-0.999	0.071		0.004-0.016
	procymidone	0.042				0.024
	diazinon			0.003	0.024	
	metalaxyl	0.075				0.035
Spinach	endosulfan	0.055-0.116	0.256	0.003-0.151		
	procymidone	0.004			0.010-0.208	
	metalaxyl		0.012			
Lettuce	endosulfan	0.037-0.126		0.129		0.002
	procymidone	0.057			0.002	
	diazinon		0.003			

한 것과 연관성이 있는 것으로 추정된다.

또한 이 약제의 물리화학적 특성상 작물에서의 반감기는 3-7일이나 토양 중 반감기는 60일에서 800일인 것을 감안한다면(TomLin, C. D. S. 2000), 이 약제의 사용이 실험 당해 연도 뿐만 아니라 매년 연용에 의해 토양 중 집적되어 높은 검출빈도 및 검출량을 나타내었을 것으로 판단된다.

**토양 시료 중 지역별 잔류농약**

지역별 잔류농약 검출현황은 Fig. 1과 같으며 강동 및 강남지역 시설재배지의 검출율이 비교적 높았고, 강동지역이 상대적으로 낮았다.

강남 시설재배지에서는 전체 22 건 중 9건에서 살충제 endosulfan과 살균제 procymidone 두 약제가 최고 44% 수준이었다. 이 지역에서 검출된 농약은 diazinon외 3종으로 0.002-0.999 mg/kg의 범위를 보였다.

강동 시설재배지에서도 전체 25 건 중 11 건으로 살충제 endosulfan이 최고 40%의 검출 빈도를 보였고, 검출된 농약은 metalaxyl외 3종으로 0.004-0.256 mg/kg의 검출범위를 보였다.

송파구 시설재배지의 경우 13 건 중 2 건으로 endosulfan 0.123 mg/kg, procymidone 0.057 mg/kg을 나타내었다.

**토양 중 endosulfan의 작물에 대한 흡수·이행**

위 3개 지역 작물재배지 토양 중 잔류농약 모니터링 결과, 검출빈도가 비교적 높게 나타난 endosulfan의 작물의 흡수 이행 정도를 조사하기 위해 엽채류인 참나물, 상추에 대하여 실험을 하였다. 강남구 지역의 토양에서 지오릭스 분제(3%, endosulfan)를 12개월 전에 살포한 토양에서 잔류농약을 검사한 결과 endosulfan이 0.445 mg/kg로 잔류하였고, 이 잔류한 토양에서 참나물을 60일 재배 후 참나물 중 잔류농약

검사를 실시한 결과 endosulfan 0.157 mg/kg로 잔류하여 토양 대비 참나물 중 endosulfan 이행률은 35.3%를 보였다. 또한 강동구 지역의 지오릭스 분제(3%, endosulfan)를 24개월 전에 살포한 토양에서 잔류농약을 검사한 결과 endosulfan 0.358 mg/kg이 잔류하였고, 이 잔류한 토양에서 상추를 60일 재배 후 상추 중 잔류농약을 검사한 결과 endosulfan 0.004 mg/kg로 조사되어 토양 대비 상추 중 endosulfan 이행률은 1.1% 수준이었다. 본 실험은 endosulfan과 procymidone의 작물에 대한 흡수 이행에 대한 실내시험(박현주 등, 2004)을 한 것과 달리 직접 재배지 작목반에서 시료를 채취하여 실외시험을 하였기 때문에 동일한 시료를 구하는데 한계가 있어 동일 작물로의 흡수 이행을 비교할 수 없었으며 추후에 동일 작물로 흡수 이행에 대한 추가적인 연구가 요구된다.

본 연구를 더욱 지속적으로 확대 실시하여 이 지역의 농약 오염 실태에 대한 자료를 체계적으로 확보하는 것이 필요하다고 판단되며, 이러한 잔류농약 실태 결과들을 농민, 관계기관 및 산업체등에 제공하여 향후 친환경농산물 재배지로의 전환을 하는데 있어 참고자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

**>> 인 / 용 / 문 / 헌**

Lee, S. R., H. K. Lee and H. H. Jang (1996) Information Resources for Establishment of Tolerance Standards on pesticide Residues in Soil. Korean J, Environ. Agric. 15: 128~155.

Pyysalo, H. (1983) Pesticide Chemistry, Pergamon New York, 4, pp. 123~128.

Laskowski, D. A. (1982) Terrestrial environmental risk analysis for chemicals (R. A. Conway, ed). Van Nostrand Reinhold Co. New York, NY, USA, pp. 198~204.

Green, R. E. and S. W. Karickhoff (1990) Sorption estimates for modeling. In: Pesticides in the soil environment: processing, impact, and modeling(H. H. Cheng, ed). 79~102. Soil Sci Soc. Am., Madison, WI, USA.

Nakagawa. L. E., L. C. Luchini, M. R. Musumeci, M.Matallo (1996) Behavior of atrazine in soils of tropical zone: Degradation, mobility and uptake of atrazine residues form soils in crop rotation system (Maize/Beans). J. Environ. Sci Health. B31(2):203~224.

Pal, R. Chakrabarti, K. Chakraborty, A. Chowdhury, A(2005) Dissipation of penycuron in rice plant. Journal of Zhejiang University. 6(8):1220~1223. Zhejiang University Press.

TomLin, C. D. S. (2006) The pesticide manual (14th), pp. 110~120, British Crop Protection Council, UK.

Samia El-Kabbany, M.M. Rashed, M.A. Zayed (2000) Monitoring

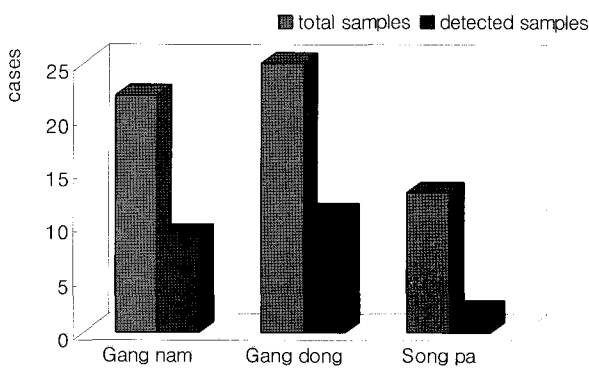


Fig. 1. Provincial distribution of samples with pesticide residues.

- of pesticide levels in some water supplies and agricultural land, in El-Haram, Giza, Egypt.
- Jinky Leilanie Del Prado, (2010) Multipesticide Residue Assessment of Agricultural Soil and Water in Major Farming Areas in Benguet, Philippines, Arch Environ Contam Toxicol 59: 175~181.
- Tomlin, C. D. S. (2000) The pesticide manual. pp. 1245~1255, British Crop Protection Council. UK.
- 한국작물보호협회 (2009) 농약사용지침서, 삼정인쇄공사 PP. 520~576.
- 정영호, 김장익, 김정한, 이영득, 임치환, 허장현 (2004) 최신농약학, 시그마프레스 pp. 269~271.
- 박현주, 최주현, 박병준, 김찬섭, 임양빈, 류갑희 (2004) 토양 중 endosulfan과 procymidone의 작물에 대한 흡수 이행. 농약과 학회지 8(4):280~287.

## 서울 강남지역 채소류 경작지의 토양 중 잔류농약 실태조사

최채만\* · 육동현 · 홍채규 · 김태랑 · 황영숙 · 황인숙 · 김정현 · 김무상 · 채영주

서울시보건환경연구원 강남농수산물검사소 농산물검사팀

**요 약** 본 연구는 강남일부(강남구, 강동구, 송파구)지역 시설재배지에서 시기별 잔류농약의 오염 실태를 파악하고자 하였다. 각 지역에서 2010년 4월부터 2011년 6월까지 토양시료 60 점을 채취하여 시료 중 농약 잔류량을 다성분 동시 스크리닝 분석법으로 분석하였다. 시설재배지 잔류농약 조사결과, endosulfan 0.002-0.999 mg/kg, procymidone 0.002-1.200 mg/kg, diazinon 0.003-0.024 mg/kg, metalaxyl 0.012-0.075 mg/kg로 검출되었다. 시설재배지 토양의 잔류농약 모니터링 결과 검출빈도가 높게 나타난 endosulfan을 대상으로 참나물, 상추에 대하여 흡수 이행 정도를 조사하였다. 강남구 지역의 토양에서 잔류농약을 검사한 결과 endosulfan이 0.445 mg/kg로 잔류하였고, 이 토양에서 참나물을 60일 재배 후 잔류농약 검사를 실시한 결과 endosulfan 0.157 mg/kg로 잔류하여 토양 대비 참나물 중 endosulfan 이행률은 35.3%를 보였다. 또한 강동구 지역의 토양에서 잔류농약을 검사한 결과 endosulfan이 0.358 mg/kg로 잔류하였고, 이 토양에서 상추를 60일 재배 후 상추 중 잔류농약 검사를 실시한 결과 endosulfan 0.004 mg/kg로 잔류하여 토양 대비 endosulfan 이행률은 1.1%를 보였다.

**색인어** 모니터링, 토양, 농작물재배지, 엔도설판, 잔류농약