

토양 중 endosulfan과 procymidone의 작물에 대한 흡수·이행 I (실내시험)

박현주* · 최주현 · 박병준 · 김찬섭 · 임양빈 · 류갑희

농업과학기술원 농산물안전성부

요약 : 시설재배지 토양의 잔류농약 모니터링 결과 검출빈도가 높게 나타난 endosulfan과 procymidone을 대상으로 열무, 배추, 무, 당근에 대하여 흡수·이행 정도를 구명하여 수확농산물의 농약안전성을 확보할 수 있는 토양 중 잔류 한계농도를 설정하고자 실내시험을 수행하였다. 양액에 농약을 처리하여 배추를 재배하였을 때 침투이행성인 procymidone은 쉽게 이행되어 endosulfan보다 약 3.8배 높은 농도로 존재하였으며, 양액 중 농약의 농도가 높아질수록 식물체의 생육이 위축됨을 보였다. Endosulfan은 토양처리 최고농도인 10 mg/kg 수준까지 배추, 열무, 무에 대해서는 농약잔류허용량(MRL) 미만으로 이행되었으나 당근의 경우 MRL인 0.2 mg/kg을 초과하지 않는 토양 중 농도는 1 mg/kg으로 조사되었다. Procymidone은 토양처리 최고농도인 10 mg/kg 수준까지 열무에 대해서는 MRL 미만으로 이행되었으나 배추는 적용되는 MRL인 5.0 mg/kg, 무, 당근의 0.2 mg/kg을 초과하지 않는 토양 중 농도는 각각 10, 2, 1 mg/kg이하로 조사되었다. 농약의 작물체내로의 흡수·이행정도는 살포 후 시간이 경과되어 농약이 숙성된 토양으로부터가 살포 직후 토양에서보다 낮은 것으로 나타났으며, 두 약제 모두 열무보다는 배추가, 당근보다는 무가 흡수·이행이 잘 되는 것으로 나타났다.(2004년 11월 4일 접수, 2004년 12월 20일 수리)

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 80년대 이후 급격한 산업화와 도시화 및 경제발전이 따라 환경오염에 대한 국민들의 관심이 급상승하기 시작하였고, 이에 따라 토양오염의 광역화, 오염물질의 다양화로 인한 토양환경의 오염관리 및 보전 대책이 시급히 요청되고 있다.

농업과학기술원에서 농경지토양 중 농약 잔류량 조사의 일환으로 2000년도에 전국 주요 시설재배지 토양 170점을 채취alachlor 등 108종 농약을 분석한 결과, endosulfan, procymidone의 검출빈도가 50, 65%로 매우 높고, 검출수준도 0.002~2.929, 0.005~0.681 mg/kg로 다른 약제에 비해 높은 것으로 나타났다(이 등,

2000). 따라서 본 연구에서는 우리나라에서 소비되는 채소류 중 높은 비율을 점유하는 몇 종에 대하여 endosulfan과 procymidone의 토양 중 잔류수준에 따른 흡수·이행 정도를 구명하여 수확농산물 중 잔류되는 농약의 안전성을 확보할 수 있는 토양 중 잔류 한계농도를 확인하고자 본 시험을 수행하였다

재료 및 방법

시험토양

본 연구에 사용한 토양은 경기도 수원시 서둔동 소재 농업과학기술원 농업생물부(구 잠업시험장) 포장과 수원시 호매실동 소재 포장에서 표토를 걷어내고 토양깊이 10~20 cm 지점의 토양을 채취하여 풍건한 후 2 mm 체를 통과시켜 균일하게 혼합한 토양을 사용하였으며, 각 토양의 물리화학적 특성은 표 1과 같았으며, 토성은 미국 농무부 분류법에 따라 결정하였다.

시험 화합물

시험 약제는 농업과학기술원에서 수행한 시설재배지 토양 중 농약잔류량 조사(이 등, 2000) 결과 검출빈도가 높았던 endosulfan과 procymidone을 대상으로

* 연락처

Table 1. Physico-chemical property of the soils tested

pH (1:5, H ₂ O)	Organic carbon(%)	CEC (cmole/kg)	Particle size distribution(%)			Texture
			sand	silt	clay	
5.3	1.28	9.95	27.6	48.9	23.5	Loam
5.1	1.18	7.94	26.8	50.8	22.4	Silt loam

하였다. 이 중 endosulfan 원제는 α-, β- 두 가지 입체 이성체가 약 7 : 3의 비율로 혼합되어 있는데 모두 비이온성인 난용성화합물이며(Willis 등, 1982), 물에 대한 용해도는 α-이성체가 0.32 mg/l, β-이성체 0.33 mg/l 이며, 독성은 α-이성체가 β-이성체보다 강하며, 분해산물중 독성이 비교적 큰 것은 endosulfan sulfate로서 독성은 β-이성체와 거의 비슷한데, 이것은 주로 식물체표면에서 산화작용에 의해 생성되며 토양 중에는 대부분 사상균의 활동에 의해 생성되는 것으로 보고되어 있다(Martens, 1976; Rao 등, 1980).

시험 농약은 endosulfan의 경우 지오릭스 분제(3%, 한국삼공), procymidone은 스피렉스 수화제(50%, 동방아그로)를 구입하여 사용하였으며, 화학명, 화학구조는 표 2와 같다. 또한 분석용 표준품은 α-endosulfan(순도 99.8%), β-endosulfan(순도 98.7%) endosulfan sulfate(순도 97.6%)은 Sigma-Aldrich사 제품을 사용하였으며, procymidone (순도 100%)은 Sumitomo chemical사 제품을 사용하였다.

시험작물

배추, 열무, 무, 당근은 각각 농우종묘의 ‘장미’, ‘고향’, ‘백운’, ‘선홍봄5촌’ 품종을 대상으로 하였다.

재배방법

시험약제의 흡수 이행정도를 파악하기 위한 양액 재배 시험은 농촌진흥청 표준양액재배법에 준하여 5엽기 유묘를 3일간 양액에서 순화시킨 다음, 약제별로 물에 대한 용해도를 고려하여 endosulfan은 0.05, 0.1, 0.2 mg/l의 3수준, procymidone은 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 mg/l의 4수준이 되도록 양액에 처리, 액을 교환하여 처리 수준을 계속 유지토록 하였으며, 배추 유묘를 14일 동안 양액 중에서 재배하여 가식부위인 잎을 분석시료로 하였다.

토양 중 잔류농도에 따른 이행정도 파악을 위한 포트 재배 시험은 1/5000a Wagner pot를 이용하였다. 토양과 원예용 상토(부농사)를 3 : 1(v : v)의 비율로 혼

합한 것에 두 약제 공히 1.0, 5.0, 10.0 mg/kg의 3수준이 되도록 혼화 처리한 후 수분을 가해 2-3일 안정화시켜 배추는 5엽기 묘를 이식하였고 열무, 당근, 무는 종자를 파종하여 저면 관수하면서 재배하였다. 작물별 생육정도를 고려하여 일정간격으로 시료를 채취하였다. 농약살포 후 3개월경과(숙성)된 토양에 대한 시험도 유사한 방법으로 실시하였는데 즉, 40 cm × 30 cm × 20 cm 포트에 약제를 토양과 혼화처리 후 배추는 5엽기 묘를 6주 이식하여 10일 간격으로 1주씩 채취 분석하였으며, 열무는 종자를 파종하여 시험을 실시하였다.

농약 잔류량 분석

잔류량 분석은 시험연구사업보고서(농업과학기술원, 1998) 및 일본의 농약잔류분석법(일본잔류농약분석법 연구반, 1995)을 참고하였으며, 시험약제의 표준품을 acetone에 용해하여 stock solution을 조제하고, 이들 용액을 희석하여 회수율 시험 및 분석에 사용하였으며, endosulfan은 α-, β- 이성체와 endosulfan sulfate의 합한 값을 잔류량으로 하였다.

약 20 g의 식물체에 acetone 100 ml를 가하여 고속분쇄기(Ace homogenizer, Nihonseiki Kaisha Ltd., Japan)로 10,000 rpm에서 5분간 균일하게 마쇄한 다음 Celite 545를 간 Büchner funnel을 통하여 감압여과하였다. 여과액은 40℃이하에서 감압하에 유기용매를 제거했다. 농축한 여과액은 1 l 분액여두로 옮기고 포화 염화나트륨수용액 50 ml와 증류수 450 ml를 가하고 dichloromethane 50 ml로 2회분배하고 dichloromethane층은 sodium sulfate, anhydrous를 통과시켜 모은 것을 감압 농축하여 n-hexane 10 ml로 용해하여 cleanup을 행하였다. 130℃에서 18시간 이상 활성화시킨 Florisil(60~100 mesh) 5 g을 TEPP stop cock가 달린 직경 12 mm, 길이 300 mm 정제용 유리컬럼에 n-hexane으로 충진한 후 그 위에 sodium sulfate, anhydrous 1.5 cm를 채운 후 n-hexane 30 ml로 pre-washing 후 시료액을 주입하여 n-hexane/dichloro-

Table 2. Detection limits and recovery of pesticides in soil

Compound	Fortification(mg/kg)	Recovery ^{a)} (%)	Limit of detection(mg/kg)
Endosulfan	0.04	77.1±4.8	0.003
	0.2	86.8±9.6	
Procymidone	0.04	99.8±6.9	0.006
	0.2	102.3±9.6	

^{a)}mean values for triplicate samples with standard errors.

methane (8/2, v/v) 50 ml로 흘려 버리고, n-hexane/dichloromethane/acetonitrile (49.65/50/0.35, v/v/v) 혼합용매 50 ml로 용출시켰다. 용출액은 감압농축하여 acetone 5 ml로 재용해하여 기기분석시료로 하였으며, endosulfan은 GLC/ECD, procymidone은 GLC/NPD로 분석하였다.

결과 및 고찰

잔류분석법의 회수율 및 검출한계

Endosulfan과 procymidone을 2수준 3반복 처리한 회수율시험에서 endosulfan은 77.1~86.8%, procymidone 99.8~102.3%, 변이계수 4.8~9.6%로 양호한 재현성을 보였으며 검출한계는 endosulfan 0.003 mg/kg, procymidone 0.006 mg/kg이었다(표 2).

양액재배조건에서 잔류농약의 흡수이행

시험약제가 작물체의 뿌리에 직접적으로 노출되었을 때의 흡수이행 정도를 파악하고자 양액재배 조건에서 배추를 재배하였다. 시험약제의 특성상 endosulfan은 물에 대한 용해도가 0.32~0.33 mg/l (20°C) 정도로 낮으나, 실제 살포되는 유제의 희석액 농도는 507~700 mg/l 정도로 차이가 커서 양액중의 농도를 용해도 이상으로 높여서 시험해보고자 하였다. 수용액중 농약용액의 초기농도는 평형상태에서 용해도의 절반을 넘지 않는 농도 이하이어야 한다(US EPA, 1982). 이와 같이 농약의 농도가 용해도를 초과할 경우에는 적당한 용매로 먼저 녹인 후 물로 희석하여 농약용액을 조제하여야 하는데 이 때 물중 용매의 양은 0.2%를 넘지 않아야 식물의 생장에 영향을 주지 않는다. 따라서 용해가 용이한 acetone을 이용하여 endosulfan을 녹이고 이것을 양액에 첨가하였는데 이 때 용매의 양이 양액의 0.2%를 초과하지 않도록 하였다.

약제 처리농도별에 작물체중 잔류양상 및 생육상황을 살펴보면, endosulfan은 그림 1과 같이 식물체중 잔류량은 물 중 농도에 높아짐에 따라 단위 무게 당 작물체로 이행되는 비율은 2.04, 1.82, 1.65, 0.92를 나타내어 점차 낮아지는 경향이었으며, procymidone은 그림 2에서 보는 바와 같이 단위 무게당 작물체로 이행되는 비율이 5.1, 6.7, 7.9, 6.5로서 양액 중 농도가 0.5 mg/kg수준까지 점차 증가하다가 더 높은 농도에서는 감소되는데 이것은 약제의 영향을 받아 뿌리의 활력이 떨어졌기 때문으로 추측된다. 두 약제 공히 처리농도가 높아짐에 따라 작물의 흡수량 증가하였으나 특히 침투이행성 약제인 procymidone(정영호 등, 2000)은 처리농도에 상관없이 endosulfan에 비해 약 3.6배 정도 이행량이 많은 경향을 보였다. 또한 작물체의 생육은 양액 중 농도가 0.5 mg/kg인 경우의 생체중이 endosulfan은 무처리에 비해 74.2%, procymidone은 59.0% 수준으로 두 약제 모두 처리농도가 높아짐에 따라 점차 위축됨을 관찰할 수 있었으며, α -, β - 이성체만이 7 : 3의 비율로 존재하는 endosulfan 원제를 양액에 처리하였으나, 시험을 완료한 작물체에서는 α -, β - 이성체와 endosulfan sulfate가 2 : 2 : 6의 비율로

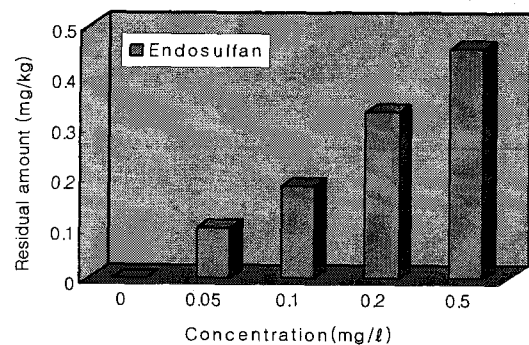


Fig. 1. Contents of endosulfan in Chinese cabbage grown in the chemical-containing hydroponic culture system and growth features in the system

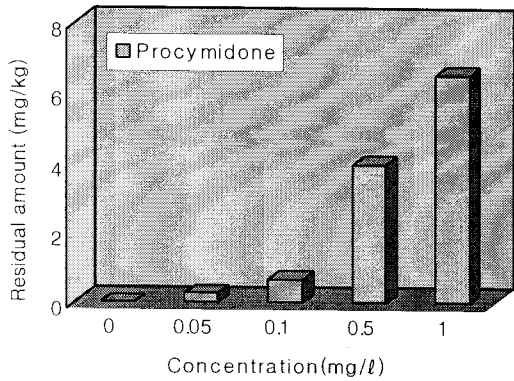


Fig. 2. Contents of procymidone in Chinese cabbage grown in the chemical-containing hyponic culture system and growth features in the system.

존재함을 관찰 할 수 있었다.

토양재배조건에서 잔류농약의 흡수이행

가. 엽채류(배추, 열무)

재배 후 30일째의 시료를 채취하여 농약 잔류량을 분석한 결과, 그림 3, 4에 나타난 바와 같이 두 약제 모두 열무보다는 배추에서 잔류되는 양이 높게 나타났으며, Endosulfan의 경우 가장 높은 토양처리농도인 10 mg/kg 처리구에서 열무에 0.063, 배추에 0.600 mg/kg이 잔류되어 각각의 농약잔류허용량(MRL)인 1.0, 2.0 mg/kg을 초과하지 않았다. 반면에 procymidone은 식물체로의 이행속도가 상대적으로 빨라 5 mg/kg 처리구에서의 열무와 배추 중 잔류량은 1.100, 1.556 mg/kg, 10 mg/kg 처리구에서는 1.249, 4.278 mg/kg이었다. 엽채류 중 최저기준인 상추의 MRL 5.0 mg/kg을 초과하지 않기 위해서는 배추의 경우에는 토양 중 농도가

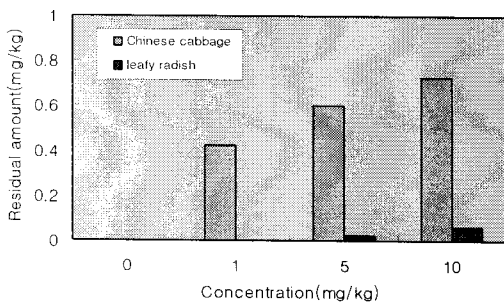


Fig. 3. Contents of endosulfan in vegetables grown in the chemical freshly treated soil.

10 mg/kg이하가 되어야 할 것으로 조사되었다.

농약 살포후 토양에서의 잔존기간의 경과에 따른

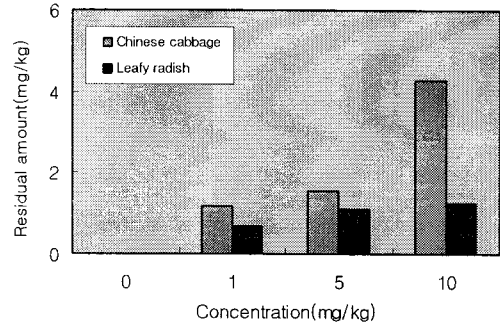


Fig. 4. Contents of procymidone in vegetables grown in the chemical freshly treated soil.

식물체 흡수이행정도를 조사하기 위해 농약 처리 직후 토양에 작물을 재배한 것과 처리 후 3개월이 경과된 토양에서 작물을 재배한 결과를 표 6과 7에 나타내었다. 3개월 경과되는 동안 토양에 처리한 농약은 endosulfan은 최초 1.8, 18 mg/kg에서 0.17, 2.93 mg/kg로, procymidone은 1.6, 3.2 mg/kg에서 0.12, 0.64 mg/kg로 감소되었다. 3개월 숙성된 토양 중 endosulfan 0.17 mg/kg의 토양 잔류농도에서는 배추로의 흡수 이행은 거의 없었으나 2.93 mg/kg 토양잔류 농도에서는 이식 후 10~50일 경과시 0.025~0.043 mg/kg 범위로 조사시기 동안 거의 일정한 농도를 유지하였다. 종자 파종한 열무로 흡수 이행한 농도는 파종 후 10~60일의 조사기간 동안 거의 검출되지 않았다. 3개월 숙성된 토양중의 procymidone 0.12 mg/kg의 토양 잔류농도에서는 20일 경과시점의 시료에서 불검출되었으나 전반적인 경향으로 보았을 때 0.013~0.025 mg/kg 정도의 잔류량을 유지할 것으로 추측되었고, 0.64 mg/kg 토양 잔류 농도에서는 이식 후 10~50일 경과되는 동안 0.036~0.039 mg/kg으로 조사기간 동안 일정한 수준을 유지하여 토양중 잔류농도가 높으면 작물체로 이행되는 농약의 양도 많음을 보였다. 종자 파종한 열무로 흡수 이행한 농도는 10~60일의 조사기간 동안 토양중의 잔류농도와 상관없이 10일 경과될 때까지는 작물체에서는 검출되지 않았으며 20일 이후부터 작물체에서 0.011~0.056 mg/kg 수준으로 분포할 것으로 판단되었다. 열무가 배추에 비해 흡수 이행정도가 낮은 것은 직접 종자를 파종하여 시험기간 동안의 식물체

Table 3. Concentrations of endosulfan and procymidone in the Chinese cabbage in the chemical freshly treated soil

Compound	Treated conc. (mg/kg)	Residual amounts with days after treatment(mg/kg) ^{a)}		
		10	20	30
Endosulfan	0	<0.003	<0.003	<0.003
	1.0	0.024	0.173	0.425
	5.0	0.205	0.059	0.600
	10.0	0.251	0.101	0.729
Procymidone	0	<0.006	<0.003	<0.003
	1.0	0.630	0.778	1.195
	5.0	1.122	1.140	1.556
	10.0	1.928	2.513	4.279

^{a)}mean values for triplicate samples.

Table 4. Concentrations of endosulfan and procymidone in vegetables grown in three-month-aged soil

Vegetables	Treated conc. (mg/kg)	Residual amounts with days after treatment(mg/kg) ^{a)}				
		10	20	30(40) ^{b)}	50(60)	
Endosulfan	Chinese cabbage	0	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
		0.2	<0.003	<0.003	0.017	<0.003
		2.9	0.025	0.043	0.031	0.026
	leafy radish	0	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
		0.2	<0.003	<0.003	0.012	<0.003
		2.9	<0.003	<0.003	0.077	<0.003
Procymidone	Chinese cabbage	0	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
		0.1	0.019	<0.006	0.025	0.013
		0.6	0.036	0.039	0.038	0.038
	leafy radish	0	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
		0.1	<0.006	0.011	0.017	0.056
		0.6	<0.006	0.034	0.052	<0.006

^{a)}mean values for triplicate samples.

^{b)}leafy radish.

생육이 더디고 뿌리발육이 왕성하지 못한데서 기인한 것으로 생각되었다. 본 시험결과로 볼 때 살포된 농약이 토양으로 이행되어 시간이 경과되면 될수록 토양에서의 작물체내 흡수이행정도가 낮아질 것으로 판단된다.

나. 근채류(당근, 무)

생육기간을 서로 상이함을 고려하여 파종 후 무는 60일, 당근 85일째 시료를 채취하여 분석한 결과, 두 성분 공히 수확시기의 생체중이 토양처리농도가 1 mg

/kg의 경우 무 338.6 g, 당근 63.4 g으로 생체량 증가가 빠른 무에 비해 생육속도가 더디면서 크기가 작은 당근에서 1.5~23배 많은 양이 검출되었다. 그림 5에서와 같이 endosulfan은 토양 중 농도가 1 mg/kg일 때 당근에 잔류되는 양은 0.144 mg/kg으로 MRL인 0.2 mg/kg에 근접하였고 토양 중 농도가 5 mg/kg 일 때는 당근중의 잔류량은 0.922 mg/kg으로 허용량을 초과하였다. 그러나 무의 경우에는 토양 중 잔류농도가 10 mg/kg일 때에도 식물체중에는 0.222 mg/kg 수준으로 MRL인 1.0 mg/kg보다 낮았다. 따라서 수확한 작물이 MRL

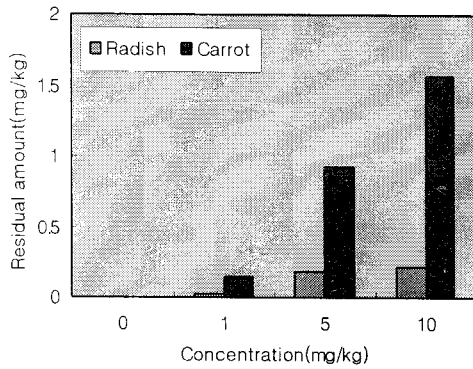


Fig. 5. Contents of endosulfan in test crops in the soil culture containing different concentration.

을 초과하지 않기 위해서는 토양 중 농약 잔존량이 당근의 경우 1 mg/kg이하이어야 할 것으로 조사되었다. Procymidone은 그림 6에 나타낸 바와 같이 토양 중 농도가 1 mg/kg일 때 무와 당근에 흡수·이행된 농도는 0.041, 0.060 mg/kg, 토양에 2 mg/kg일 때 0.093, 2.167 mg/kg, 토양에 5 mg/kg일 때 0.257, 5.081 mg/kg 수준이 잔류되었다. 무, 당근에 대한 procymidone의 MRL은 정해져있지 않으므로 근채류인 양파의 0.2 mg/kg을 적용하면, 농약잔류로부터 안전한 수확물을 생산하려면 토양 중 잔류량이 무는 2 mg/kg, 당근은 1 mg/kg 이하로 존재하여야 할 것으로 조사되었다.

농약을 살포한 직후의 토양과 농약이 숙성되어 있는 토양에서의 작물체내 흡수·이행정도를 비교해 보기 위해, 시험 농약이 숙성되어 있는 토양을 채취하여 동시에 같은 조건으로 유리온실에서 포트 재배한 결과, 표 5에 나타낸 바와 같이 두 약제 모두 숙성 토

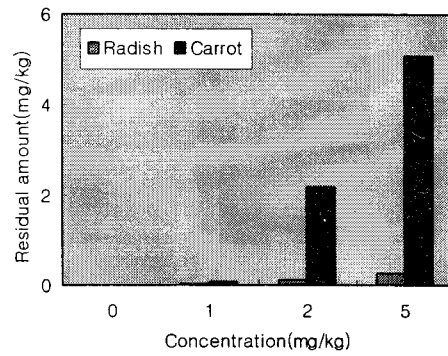


Fig. 6. Contents of procymidone in test crops in the soil culture containing different concentration.

양에서의 작물체내 흡수·이행속도가 더 낮은 것으로 조사되었다.

이상의 결과를 종합해 보면 두 약제 모두 양액 또는 토양 중 농도가 높을수록 작물체로의 흡수·이행되는 양은 많아지는 경향을 보였지만, 등록사항을 준수하여 농약을 사용하였을 때의 토양 투여 농약수준 정도로는 작물체로의 흡수·이행되는 잔류량은 무시할 수 있는 수준이 될 것으로 사료되었다. 또한 토양 중 잔류하는 농약은 3개월이 경과되면서 급속히 감소되었으며, 동일한 농도일지라도 토양 중에서 일정기간 숙성되었다면 작물체로의 이행은 낮아지는 경향을 보여 이에 대한 추가적인 연구가 요구된다.

인용문헌

Clive Tomlin (2003) The Pesticide Manual, Thirteenth

Table 5. Comparison of endosulfan uptake into between vegetables in fresh and aged soils

	Treated conc. (mg/kg)	Residual amounts (mg/kg) ^{a)}			
		Endosulfan		Procymidone	
		radish	carrot	radish	carrot
Fresh soil	0	<0.003	<0.003	<0.006	<0.006
	1.0	0.025	0.144	0.041	0.060
	5.0	0.185	0.922	0.257	5.081
Aged soil	0	<0.003	<0.003	<0.006	<0.006
	0.3(0.02) ^{b)}	<0.003	0.010	<0.006	0.007
	1.3(0.06)	0.004	0.053	<0.006	0.008

^{a)} mean values for triplicate samples.

^{b)} treated concentration of procymidone.

- edition.
- Garcia-Cazorla and Xirau-Vayreda (1998) Monitoring Degradation of Dicarboximidic Fungicide Residues in Soils, *J. Agric. Food Chem* 46:2845~2850.
- Nagami, H. (1996) Fungicide Procymidone Residue in Agriculture Land, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 56:594~598.
- Joan Garcia-Cazorla, and Maria Xirau-Vayreda (1998) Monitoring Degradation of dicarboximidic Fungicide Residues in Soils. *J. Agric. Food Chem.* 46(7):2845~2580.
- Lee J. K. and Kyung K. S (1989) Uptake of the Fresh and Aged Residues of Carbofuran by Rice Plants from Soil. *Korean J. Environ. Agric.* 8(2):103~118.
- Martens, R (1976) Degradation of [8,9-¹⁴C] endosulfan by soil micro organisms. *App. Environ. Microbiol.* 31(6):853~858.
- Niranjan A., Rajiv A., and Ashwani K. (2000) Factors influencing the degradation of soil-applied endosulfan isomers. *Soil Biology & Biochemistry* 32:1697~1705.
- Paolo Cabras (1985) Behavior of Acylanilide and Dicarboximidic Fungicide Residues on Greenhouse Tomatoes, *J. Agric. Food Chem.* 33:86~89.
- Pipina Aplada-Sarlis (1994) Study of Procymidone and Propargite Residue Levels Resulting from Application to Greenhouse Tomatoes, *J. Agric. Food Chem* 42:1575~1577.
- Rao, D.M.R and A.S. Murty (1980) Persistence of endosulfan in soils. *J. Agric. Food Chem.* 28(6): 1099~1101.
- US EPA (1982) Sediment and Soil Adsorption Isotherm-Transport Process; Chemical Fate test Guidelines, CG 1710 & CS 1710. Office of Pesticides and Toxic Substances, US Environmental Protection Agency, Washington DC, USA
- Willis, G. H. and L. L. McDowell (1982) Review; Pesticides in agricultural runoff and their effects on downstream water quality. *Environmental Toxicology and Chemistry* 1: 267~279.
- 강종국 (1996) 토양중 살충제 Endosulfan의 흡탈착 특성에 관한 연구. 전남대학교 박사학위논문
- 김찬섭 (1998) 토양시료 중 잔류농약 다성분 분석법 개발, 농업과학기술원보고서.
- 김효근 (2000) 인삼재배를 위한 차광조건이 인삼의 생육과 토양 중 Procymidone의 잔류에 미치는 영향, *한국환경농학회지* 21(1):24~30.
- 농약공업협회 (2000) 농약사용지침서
- 農藥殘留分析法研究班 (1995) 最新農藥의 殘留分析法
- 농촌진흥청 (1983) 농사시험연구조사기준
- 농촌진흥청 (1990) 표준영농교본; 양액재배기술
- 농촌진흥청 (2004) 농약등록시험담당자교육교재; 잔류성시험의 기준과 방법, 농진청고시 제 2003-7호.
- 식품의약품안전청 (2002) 식품공전, 문영사
- 이병무, 김찬섭, 박병준, 최주현 (2000) 농경지토양중 농약잔류량 조사, 농업과학기술원보고서
- 이서래, 이해근, 허장현 (1996) 토양 중 농약잔류 허용 기준 설정을 위한 자료. *한국환경농학회지.* 15(1): 128~144.
- 이해근, 홍종욱 (1984) 무우와 당근에 의한 Phorate의 흡수, 전이 및 대사. *한국환경농학회지* 3(1):10~15.
- 정영호, 김장익, 김정환, 이영득, 임치환, 허장현 (2000) 최신 농약학, 시그마프레스
- 정영호, 한대성, 허장현, 박병준, 김찬섭, 이병무, 최주현 (1997) 농약잔류성 공정 시험방법 개발 -토양 및 물 중 농약잔류성 시험기준과 방법-. 농촌진흥청 특정과제보고서

Uptake of endosulfan and procymidone from arable soil by several vegetables I (green house study)

Hyeon-Ju Park*, Ju-Hyeon Choi, Byung-Jun Park, Chan-Sub Kim, Yang-Bin Ihm and Gab-Hee Ryu(*National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea*)

Abstract : We investigated the residual amounts of endosulfan and procymidone taken by vegetables grown in hydroponics culture and field conditions treated with the pesticides in order to evaluate safe cultivation concentration of the pesticides in the vegetables. Endosulfan and procymidone were selected as test pesticides because they have been reported to frequently detect in agricultural products at different concentrations. In hydroponic culture, by Chinese cabbage, procymidone was absorbed 3.8 times higher than endosulfan. The higher the pesticide concentration get, the worse the plant grew. In soil treated with 10 mg/kg of endosulfan, the pesticide absorbed by Leafy radish, Chinese cabbage and radish was less than their MRLs. In case of carrot, the residue level in soil which did not exceed its MRL was 1 mg/kg. The concentrations of procymidone in soil which did not exceed the MRLs in Leafy radish, Chinese cabbage, radish and carrot were 10, 10, 2 and 1 mg/kg, respectively. Usually aged endosulfan and procymidone residues were less absorbed into crops than the fresh ones. Chinese cabbage absorbed more endosulfan and procymidone than leafy radish, radish doing more than carrot.

Key words : Pesticide residues, Endosulfan, Procymidone, Uptake.

*Corresponding author(Fax : +82-31-290-0508, E-Mail : hjpark@rda.go.kr)