



## 상추 재배토양 중 잔류 Tricyclazole의 작물전이량

황규원 · 황은정 · 김민기 · 유수철 · 문준관\*

한경대학교 식물생명환경과학과

### Translocation of Residual Tricyclazole from Soil to Lettuce

Kyu-Won Hwang, Eung Jeong Hwang, Min Ki Kim, Soo Cheul Yoo and Joon-Kwan Moon\*

Department of Plant Life and Environmental Sciences, Hankyong National University, Anseong, Korea

(Received on July 17, 2017. Revised on September 11, 2017. Accepted on September 12, 2017)

**Abstract** This study was conducted to investigate the residual level of tricyclazole and the amount of transfer to lettuce grown in field condition treated with the tricyclazole. This pesticide is one of the components that were not used in the cultivation of agricultural products but were detected in a large number of agricultural soil. The field trial on lettuce was carried out in two different green houses located at Gwangju (Field 1) and Yongin (Field 2). Soil and lettuce samples were collected at different days after soil treatment of tricyclazole with two different concentrations, respectively. Average recoveries for tricyclazole ranged from 82.1 to 95.8% on soil and in lettuce and the variation coefficient was 1.7~6.8%. The initial concentrations of tricyclazole in Gwangju soil were 3.72 and 7.36 mg/kg and decreased to 1.05 and 2.19 mg/kg at 43 DAT (day after treatment) in field 1 and 0.86 and 1.79 mg/kg and decreased to 0.53 and 1.25 mg/kg at 36 DAT in field 2, respectively. The half-life of tricyclazole was about 25.7 and 24.8 days for the low and high concentration of tricyclazole treated soils in field 1 and 49.5 and 69.3 days for the low and high concentration of tricyclazole treated soils in field 2, respectively. Residue levels of tricyclazole in lettuce were 6.27-31.60 and 14.26-38.50% of initial concentration in field 1 and field 2 soil, respectively.

**Key words** Fungicide, Lettuce, Tricyclazole, Translocation

## 서 론

Tricyclazole {5-methyl-1,2,4-triazolo[3,4-b][1,3]benzothiazole}은 triazole계 침투성 살균제로서(Table 1), 경엽과 뿌리에 의해 급속히 흡수되고 식물체내 물관부와 아포플라스트로 전이되는 것으로 알려져 있다(Turner, 2015).

국내에서는 벼의 깨씨무늬병, 도열병류 방제에 등록되어 사용되고 있을 뿐(KCPA, 2016), 상추 중 국내의 잔류 허용기준은 설정되어있지 않다. 하지만 토양 중 잔류농약 위해평가에 따르면 경작지 토양시료에서 다수 검출된 것으로 보고된 바 있고(Hur et al., 2011), 2013~2015 농산물 품질관리연보에 따르면, 오미자(1건), 딸기(1건), 사과(1건), 복숭아(3건)에 대해서 부적합 농약성분으로 tricycla-

zole이 검출된 것으로 조사되었는데, 이는 해당 농산물에 등록되어 있지 않은 농약이 검출된 것으로 의도치 않게 부적합 농산물이 발생하는 문제를 일으킬 수 있다. 이러한 현상의 요인 중 하나로 토양 중 잔류하는 농약이 작물체 내로 흡수될 가능성을 보이며 토양에 직·간접적으로 노출된 농약이 후작물로 흡수 이행되어 후작물의 잔류량에 영향을 미치는 경우를 들 수 있다(Park et al., 2004; Paterson and Mackay, 1994).

기존 연구에 따르면 담수조건하에서 tricyclazole의 토양 반감기는 140~180일(Hwang et al., 1984), 97~913일(Fernandes et al., 2006) 등으로 다양하게 보고되어 있다. 반감기가 긴 약제의 특성 또한 후작물에 잔류할 가능성이 있기 때문에 토양 중 잔류농약 관리가 필요하다.

작물 재배 시 살포된 농약은 작물의 잎과 열매에 부착하여 작물체 내로 침투되기도 하지만 대부분 토양 중에 유입되어 뿌리를 통해 흡수되는 경로로 작물체 내에 잔류 할 수

\*Corresponding author  
E-mail: jkmoon@hknu.ac.kr

있다(Jury et al., 1987; Leonard et al., 1990; Boesten et al., 1991; Trapp and Matthies, 1995).

특히, 살포된 농약은 토양 수분이나 강우에 의한 물의 공급시 토양층을 통과하는 물과 함께 이동하게 되고, 이동 중 농약이 토양에 흡착되는 성질에 따라 다른 이동속도를 보인다(Lee, 2010; Genuchten and Wierenga, 1986). 토양에서 농약의 흡착에 영향을 미치는 주요인자로는 토양 유기물, 토양 pH, 점토함량, 광물 및 화학적 조성, 수분함량 등으로써 비이온성 농약은 주로 소수성결합에 의해 토양에 흡착되므로 유기물 함량이 농약의 흡착에 있어 주된 인자로 작용하며(Chun, 2013) 토양 유기물함량이 높을수록 농약 흡착능이 증가한다는 것은 많은 연구들에 밝혀진 바 있다(Spark and Swift 2002; Bovin et al., 2005; Álvarez et al., 2013). 또한 토양 고상으로의 흡착과정은 기후조건 및 농약의 물리화학적 성질 등의 요인에 의해서도 크게 달라지는 것으로 보고되고 있다(Jarvis et al., 1997; Kam et al., 1999). 토양 중에 잔류하는 농약의 작물로의 흡수 이행 정도는 농약의 물리화학적 성질에 따라 다를 수 있으며 과수 작물에 비하여 엽채류의 경우 뿌리로 흡수 이행되면 바로 가식부에 해당하기 때문에 토양 중 잔류하는 농약의 특성에 더 크게 영향을 받을 수 있다 (Jeon et al., 2014).

따라서 작물특성, 토양 및 농약의 물리화학적 특성을 고려한 재배환경 중 잔류농약의 작물흡수이행 및 잔류량 연구는 농산물의 안전성 확보를 위해서 매우 중요하다.

본 연구에서는 엽채류 중 하나인 상추를 시험작물로, 살균제 tricyclazole의 흡수이행 양상을 조사하기 위해 약제가 살포된 토양에서 재배하고 수확 시 상추 중 잔류량을 분석하여, 경작지의 안전농산물 생산을 위한 토양관리기준을 설정하는 기초자료로 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 시약, 재료 및 기구

Tricyclazole 표준품(순도 99.7%)은 Sigma-Aldrich Chemical Co. (St. Louis, MO)으로부터, acetonitrile, dichloromethane 은 HPLC급을 Brudick & Jackson Inc. (Muskegon, MI)으로부터 구입하여 사용하였다. Sodium chloride (EP급)와 무수 sodium sulfate (GR급)는 Samchun Chemical Co. (Pyeongtaek, Korea)에서 구입하여 사용하였다.

채취한 상추 시료는 Mixer (NFM-8860, NYC, Korea)를 이용하여 마쇄하였고, 시료 추출액 농축 시 감압농축기(N-110S, EYELA, Japan) 또는 질소농축기(Hurricane-Lite, Cheongmin Tech, Korea)를 사용하였다. 살포용 농약 tricyclazole 75% 수화제는 경농(주) 제품(‘가야빔’)을 사용하였다.

### 공시 작물 및 농약 처리

공시 농작물인 상추는 ‘청치마’ 품종으로, 경기도 광주시 (시험포장 1) 및 용인시(시험포장 2)에 위치한 시설재배 하우스에서 재배하였고, 파종 전 토양개량제 60 kg, 제2종 복합비료 (12-7-[9]+2+0.2) 10 kg를 처리, 로타리 작업을 실시하여 토양을 균질화하고, 상추를 20 × 20 cm의 밀도로 파종하였다. 토양 중 tricyclazole 처리는 파종 전 75% 수화제를 시험포장 1 (광주, soil 1)의 경우, 4.8 g (GT 1) 및 9.6 g (GT 2)을 5 L의 물에 녹여 2.5 × 4 m의 토양 표면에 고르게 살포하였고, 시험포장 2 (용인, soil 2)의 경우 각각 0.8 g (YT 1) 및 1.6 g (YT 2)을 2 L의 물에 녹여 2.2 × 2.4 m의 토양 표면에 고르게 살포하였다. 농업진흥청 토양화학분석법에 따라 분석한, 사용된 토양의 성질은 Table 2와 같다 (RDA, 2010).

**Table 1.** Physico-chemical properties of tricyclazole (Turner, 2015)

Common name:	tricyclazole
IUPAC name:	5-methyl-1,2,4-triazolo[3,4-b][1,3]benzothiazole
Molecular weight:	189.2
Molecular formula:	C <sub>9</sub> H <sub>7</sub> N <sub>3</sub> S
Vapor pressure (mPa):	5.86 × 10 <sup>-4</sup> (20°C)
Melting point:	184.6-187.2°C
log K <sub>ow</sub> :	1.42
Solubility :	596.0 (water, mg/L, 20-25°C) acetone 13.8, methanol 26.5, xylene 4.9 (all, g/L, 20-25°C)

**Table 2.** Characteristics of soils used

Sample	Texture	Particle distribution(%)			pH	EC <sup>a)</sup> (dS/m)	OM <sup>b)</sup> (g/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Exchangeable cations (cmol <sub>c</sub> /kg)		
		Sand	Silt	Clay					Ca	K	Mg
Soil 1	Sandy loam	76.1	18.9	5.0	5.1	6.80	13	1333	9.5	2.7	0.95
Soil 2	loam	42.0	45.5	12.5	5.8	10.39	19	1107	18.9	4.3	1.75

<sup>a)</sup> Electro-Conductivity, <sup>b)</sup> Organic Matter

**Table 3.** HPLC operation condition for the analysis of tricyclazole in lettuce

Instrument : Agilent 1100 series
Detector : Variable Wavelength Detector (VWD)
Column : Kinetex C18 (4.6 × 250 mm, 5 μm particle size)
Mobile Phase: A (water), B (acetonitrile) A/B = 80/20
Flow rate : 1.1 mL/min
Wavelength: 224 nm
Injection volume : 5 μL
Retention time : 15.06 min

### 시료 채취

토양시료는 농약살포 3시간 후를 0일로 하여 포장1의 경우 0, 7, 14, 25, 35, 39, 43 일차에 채취하였으며, 포장2의 경우 0, 7, 14, 22, 28, 36 일차에 채취하였다. 채취한 토양은 즉시 음건하여 2 mm체로 거른 후 분석에 사용하였다. 상추 시료는 포장1의 경우 35, 37, 39, 41, 43일차에 채취하였고, 포장2의 경우 22, 25, 28, 32일차에 채취하였다. 상추 시료는 채취 후 흐르는 물로 외부에 부착된 농약을 세척하고 뿌리를 제거한 지상부 무게를 측정 후 드라이아이스를 첨가하여 믹서기로 균질하게 분쇄하였다. 토양 및 작물 시료는 분석 전까지 -20°C 냉동고에 보관하였다. 포장시험 중 하우스 내에 data logger (EL-USB-2-LCD, LASCAR, USA)를 설치하여 온도 및 습도 측정을 측정하였다.

### HPLC 기기 분석 조건

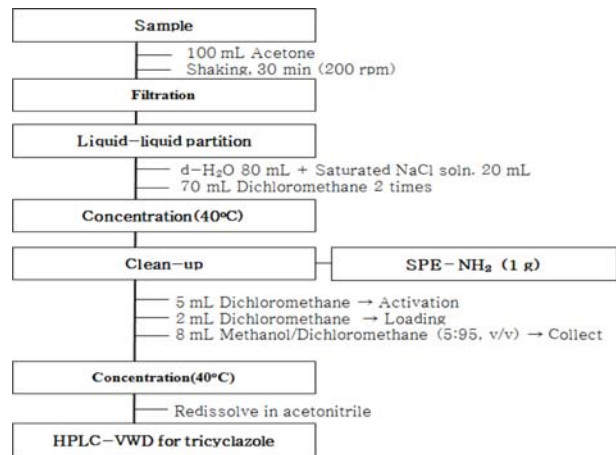
상추, 토양 시료 중 잔류 tricyclazole은 Variable Wavelength Detector (VWD)가 장착된 Agilent 1100 series HPLC (Agilent, USA)를 이용하여 분석하였고, 기기분석 조건은 Table 3와 같다.

### Tricyclazole 표준검량선 작성

Tricyclazole 표준품(99.7%) 100.30 mg을 칭량하여 100 mL의 acetonitrile에 녹여 1,000 mg/L 농도 표준용액을 조제하였다. 이를 acetonitrile로 단계적으로 희석하여 0.1, 0.5, 1.0, 5.0 및 10.0 mg/L의 표준용액을 제조한 후 각각 일정량 (5 μL)을 HPLC에 주입하여 나타난 크로마토그램상의 피크 면적을 기준으로 검량선을 작성하였다.

### 시료 중 Tricyclazole의 잔류분석

토양 20 g을 취하여 증류수 30 mL를 가하고 1시간 정치한 후(상추의 경우, 10 g) 100 mL의 acetone을 첨가하여 진탕기를 이용하여 200 rpm으로 30분간 추출하였다. 추출물을 Büchner funnel로 흡인여과하고 30 mL acetone으로 잔사 및 용기를 씻어 내려 앞의 여액과 합하였다. 여액을 500 mL 분액여두에 옮기고 20 mL 포화식염수와 80 mL 증류수

**Fig. 1.** Diagram of tricyclazole residue analysis from soil and lettuce.

를 차례로 가한 후 dichloromethane 70 mL로 2회 분배 추출하였다. Dichloromethane 추출액을 20 g의 anhydrous sodium sulfate에 통과시켜 탈수하고 40°C 수욕상에서 감압 농축, 건조한 후 dichloromethane 2 mL에 재용해하여 정제 과정에 사용하였다. Dichloromethane 5 mL로 활성화 시킨 SPE - NH<sub>2</sub> (1 g)에 재용해된 분석시료를 적하하고, 8 mL methanol/dichloromethane (5/95, v/v)으로 용출시켜 그 용출액을 질소건고 하였다. 건고 후 잔사를 acetonitrile 4 mL (상추의 경우, 2 mL)로 재용해하여 각각 5.0 μL씩 HPLC-VWD에 주입하여 나타난 chromatogram상의 peak area를 표준검량선과 비교하여 잔류량을 산출하였다(Fig. 1).

### 토양 및 상추 중 tricyclazole의 회수율 시험

Tricyclazole 표준용액 10.0 mg/L을 무처리 토양시료 20 g에 각각 0.4 및 2.0 mL, 무처리 상추 10 g에 각각 0.2, 1.0 mL 첨가하여 각각의 잔류량이 0.2 및 1.0 mg/kg이 되게 처리한 후 위의 잔류분석 방법으로 추출, 정제한 후 HPLC-VWD로 분석하였다.

### 반감기 산출

농약잔류량의 평균치로 경과일수에 따른 잔류량을 감소식  $C_t = C_0 \cdot e^{-kt}$  ( $C_t$ : 잔류량,  $C_0$ : 초기농도,  $k$ : 감소상수,  $t$ : 시간)으로 회귀식을 계산하고  $k$  값을 이용하여 생물학적 반감기 ( $t_{1/2}$ )를  $0.693/k$  식으로 산출하였다.

## 결과 및 고찰

### 재배시설 내 온도, 습도 및 상추의 증량변화

상추 재배기간 동안 시험포장1 시설내의 일평균기온은 11.6~27.7°C이었고, 일평균습도는 46.0~85.4%, 시험포장 2 시설내의 일평균기온은 15.9~27.6°C이었고, 일평균습도는

**Table 4.** Weight changes of lettuce during cultivation (g)

Field 1	35 DAT	37 DAT	39 DAT	41 DAT	43 DAT
GT 1	15.7 ± 1.9	31.7 ± 3.3	36.9 ± 3.3	45.9 ± 5.7	71.4 ± 7.0
GT 2	14.5 ± 1.2	28.4 ± 2.4	27.3 ± 3.4	32.9 ± 4.1	40.6 ± 4.0
Field 2	22 DAT	25 DAT	28 DAT	32 DAT	
YT 1	3.7 ± 0.5	7.9 ± 0.8	19.4 ± 1.8	53.6 ± 4.7	
YT 2	3.3 ± 0.3	7.2 ± 0.6	38.2 ± 2.7	45.3 ± 4.2	

**Table 5.** Recoveries and limits of quantitation of tricyclazole

Sample	Fortification level (mg/kg)	Recovery (%)				LOQ (mg/kg)
		Re.1	Re.2	Re.3	Mean <sup>a)</sup> ± C.V <sup>b)</sup>	
Soil 1	0.2	86.6	88.9	83.8	86.5 ± 3.0	0.02
	1.0	92.9	89.1	88.1	90.0 ± 2.8	
Soil 2	0.2	82.1	93.2	84.4	86.6 ± 6.8	0.02
	1.0	89.1	93.5	86.8	89.8 ± 3.8	
Lettuce	0.2	89.2	92.2	95.8	92.4 ± 3.6	0.02
	1.0	83.9	85.8	86.8	85.5 ± 1.7	

<sup>a)</sup>Average of triplicate

<sup>b)</sup>Coefficient of variation, standard deviation/mean × 100

55.5~84.2% 범위였다.

시료 채취시 상추의 평균 무게는 시험포장 1의 GT 1에서는 35일차 15.7 g에서 43일차 71.4 g으로 증가하였고, GT 2에서는 14.5 g에서 40.6 g으로 증가하였다. 시험포장 2의 YT 1에서는 22일차 3.7 g에서 32일차에 53.6 g으로 증가하였고, YT 2에서는 3.3 g에서 45.3 g으로 증가하였다(Table 4).

#### 토양 및 상추 중 tricyclazole 잔류 분석법

Tricyclazole의 표준검량선은 0.5 ng에서 50 ng까지 상관계수가 0.999 이상으로 직선성을 보였다.

최소 검출량(Limit of Detection, LOD)은 분석 크로마토그램상에서 신호대 잡음비의 3배 이상을 나타내는 농약의 양을 말하며 baseline으로부터 피크를 인정할 수 있는 최소의 양이다. 검출한계 (Limit of Quantitation, LOQ)는 최소 검출량 또는 최소검출농도, 시료량 및 분석조작 중의 회석배율 등을 감안하여 식 (1)에 의해 산출된 수치로서 본 연구에 사용한 분석방법으로 정량할 수 있는 한계를 의미하며 0.05 mg/kg 이하를 추천하고 있다. 본 연구에 사용한 분석법의 검출한계는 0.02 mg/kg으로서 잔류분석법 기준에 적합하였고(RDA and KCPA, 2012), MRL 이하까지 검출 가능하였다.

$$\text{LOQ (ppm), 토양} = [\text{최소검출량(1.0 ng)} \times \text{HPLC 주입전 시료용액량(4 mL)} \times \text{회석배수(1)}] / [\text{HPLC 주입량(10 } \mu\text{L)} \times \text{시료량(20 g)}] \quad (1)$$

$$\text{LOQ (ppm), 상추} = [\text{최소검출량(1.0 ng)} \times \text{HPLC 주입전 시료용액량(2 mL)} \times \text{회석배수(1)}] / [\text{HPLC 주입량(10 } \mu\text{L)} \times \text{시료량(10 g)}] \quad (2)$$

시료 중 tricyclazole의 회수율 시험은 잔류 분석 과정의 적절성을 조사하는 것으로 정량한계의 10배에서 50배 농도 사이의 두 수준으로 무처리 시료에 일정량의 tricyclazole을 첨가한 후 전처리 및 분석하여 측정하였다. 시료 용액의 분석 크로마토그램에서 tricyclazole의 머무름 시간은 15.06분이었고, 중첩되는 방해물질은 없었다(Fig. 2). 회수율 시험결과 상추의 경우 0.2 및 1.0 mg/kg 두 수준에서 각각 92.4 ± 3.6%, 85.5 ± 1.7%이었으며, 토양의 경우 각각 86.5 ± 3.0%, 90.0 ± 2.8% (Soil 1), 86.6 ± 6.8%, 89.8 ± 3.8% (Soil 2)이었다(Table 5). 이 결과 농약의 등록시험 기준과 방법에서 권고하는 70~120%, 변이계수 20% 이내의 수준을 만족하였다(RDA and KCPA, 2012).

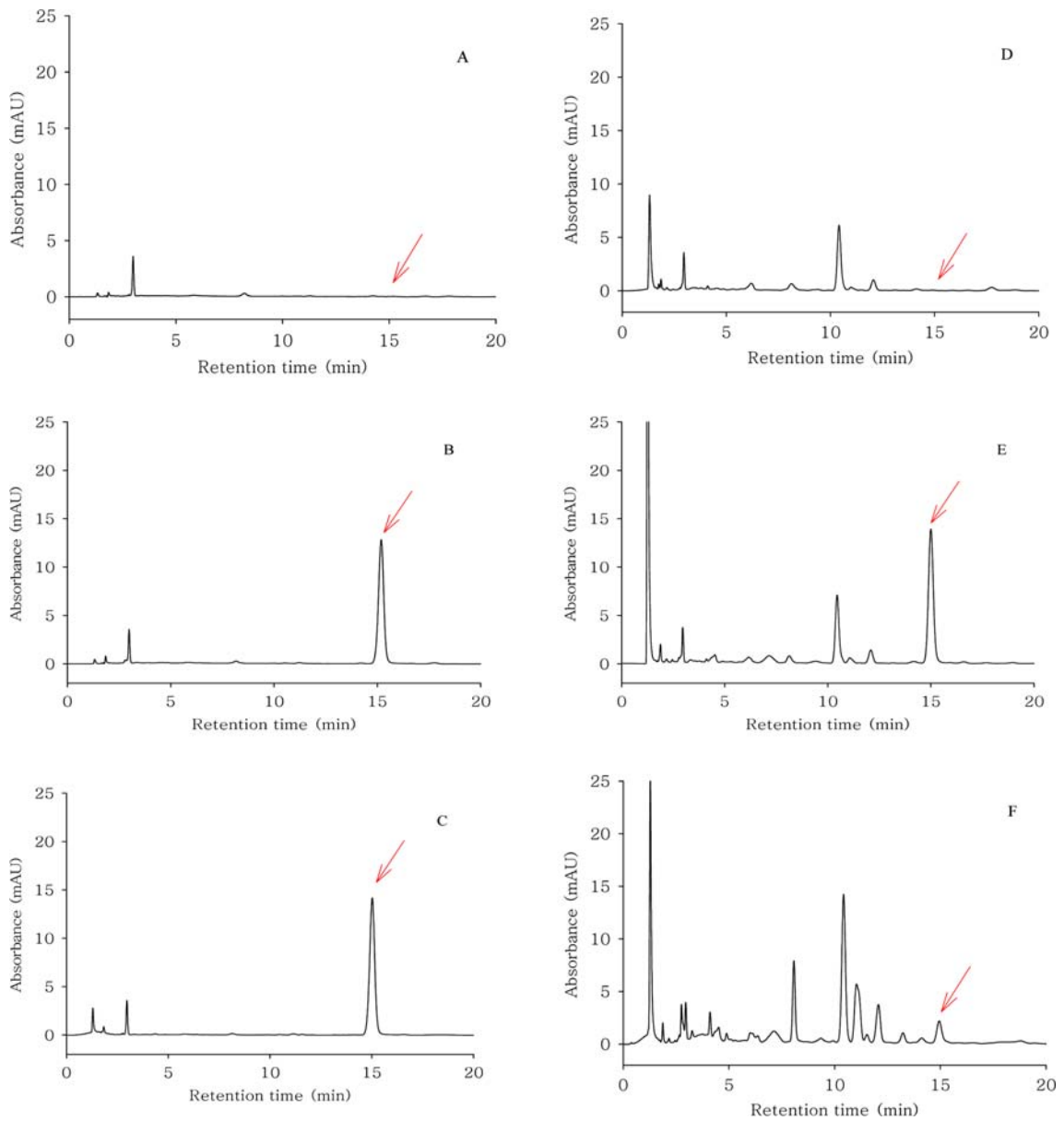
#### 토양 중 잔류량 변화

재배 토양중 tricyclazole은 GT 1 초기 잔류농도는 3.72 mg/kg이었으며 43일 후에는 1.05 mg/kg로 감소 되었다. GT 2에서는 초기 잔류량은 7.36 mg/kg이었으며 43일 후에는 2.19 mg/kg로 감소하였다. 재배 기간 토양 중 tricyclazole은 1차 지수 함수적으로 잔류량이 감소하였다(Fig. 3)

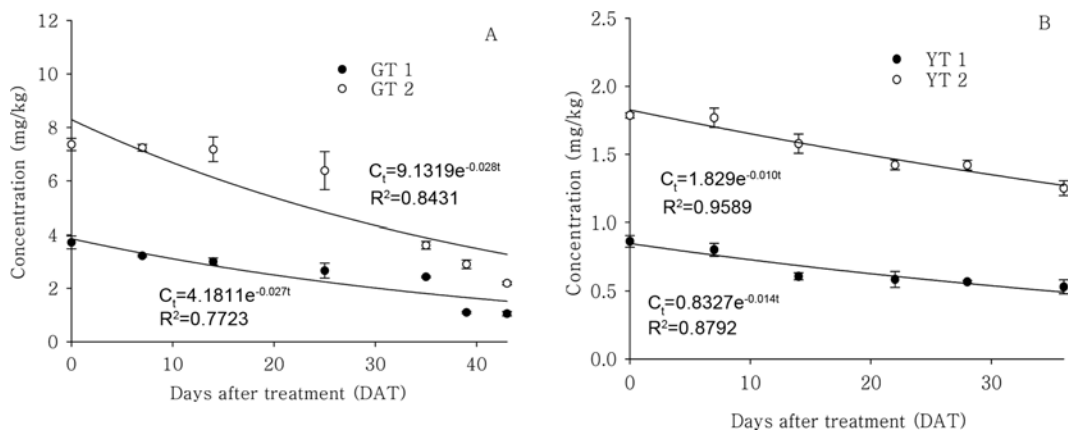
잔류 감소 회귀식은 GT 1, GT 2 각각  $C_t = 4.1811e^{-0.027t}$  ( $R^2 = 0.7723$ ),  $C_t = 9.1319e^{-0.028t}$  ( $R^2 = 0.8431$ )이었고, 이 식에 따라서 산출된 GT의 재배토양 중 반감기는 25.7, 24.8일이었다.

YT 1 초기 잔류농도는 0.86 mg/kg이었으며 36일 후에는 0.53 mg/kg로 감소 되었다. YT 2 초기 잔류량은 1.79 mg/kg이었으며 36일 후에는 1.25 mg/kg로 감소하였다.

잔류 감소 회귀식은 YT 1, YT 2 각각  $C_t = 0.8327e^{-0.014t}$  ( $R^2 = 0.8792$ ),  $C_t = 1.829e^{-0.010t}$  ( $R^2 = 0.9589$ )의 회귀식에 따



**Fig. 2.** HPLC chromatogram of soil 1 and lettuce sample. (A; soil control, B; fortified soil at 1.0 mg/kg, C; soil sample of 43 DAT at GT 1, D; lettuce control, E; fortified lettuce at 1.0 mg/kg, F; lettuce sample of 43 DAT at GT 1.



**Fig. 3.** Dissipation curve of tricyclazole in soil 1 (A) and 2 (B).

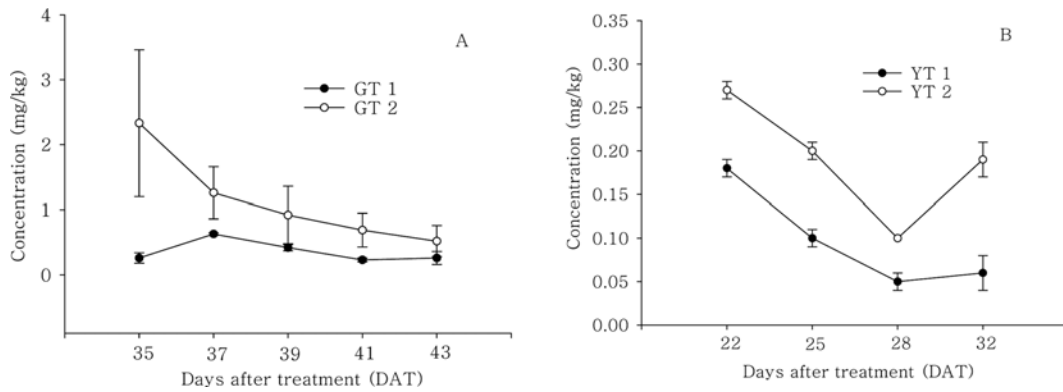


Fig. 4. Concentration of tricyclazole grown in treated soil 1 (A) and 2 (B).

라 감소하였고, YT 재배토양 중 반감기는 각각 49.5, 69.3 일 이었다.

토양 중 반감기는 포장 1의 경우보다 포장 2에서 더 길게 나왔는데, 이는 두 재배토양 사이의 특성 차이 때문인 것으로 생각된다. Tricyclazole이 비이온성 농약이라는 점을 감안해 볼 때, 유기물 함량이 토양 흡착에 관련된 주요 인자라고 할 수 있으며, Table 2에 나타낸 바와 같이 포장2의 토양 중 유기물함량이 포장1에 비해 약 1.5배 높은 것을 확인할 수 있었다.

상추 중 잔류량 변화

GT 1 재배상추 중 tricyclazole의 잔류량은 처리 35일 후 수확시  $0.26 \pm 0.08$  mg/kg이었으며 43일 후 수확시  $0.26 \pm 0.10$  mg/kg이었다. GT 2에서는 35일 후 수확 시료중 잔류량은  $2.33 \pm 1.13$  mg/kg이었으며 43일 후 수확시  $0.52 \pm 0.24$  mg/kg로 감소하였다(Fig. 4).

YT 1 재배상추 중 잔류량은 처리 22일 후 수확시  $0.18 \pm 0.01$  mg/kg이었으며 32일 후 수확시  $0.06 \pm 0.02$  mg/kg로 감소되었다. YT 2에서는 처리 22일 후 수확 시료중 잔류량은  $0.27 \pm 0.01$  mg/kg이었으며 32일 후 수확시  $0.19 \pm 0.02$  mg/kg로 감소하였다(Fig. 4). YT 2의 경우 32일차에서 증가하는 현상을 보였는데 이는 토양 중 수분에 따라 이동하였던 tricyclazole 이 수분이 증발함에 따라 표층으로 이동하여 흡수되었을 것으로 추측된다.

GT에서 초기 토양 잔류량 대비 작물잔류량은 평균 12.59%이고, 최고치는 처리구 2의 35일차 31.60% , 최저치는 처리구 1의 41일차에 6.27% 이었다. YT에서는 초기 토양 잔류량 대비 작물잔류량은 평균 24.10%이고, 최고치는 처리구 1의 22일차 38.50% , 최저치는 28일차에 처리구 2의 14.3% 이었다(Fig. 5).

토양 중 tricyclazole의 관리농도 제안

상추 중 tricyclazole의 MRL이 설정되어 있지 않지만, positive list system에서 요구하는 불검출 기준인 0.01 mg/

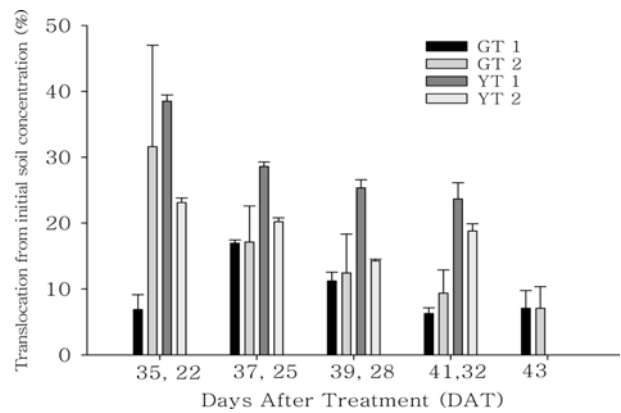


Fig. 5. Translocation of tricyclazole compared to soil initial concentration.

kg 이하로 상추 중에 잔류하기 위해서는 최대 전이량인 38.50%로 가정하였을 때 재배초기 토양 잔류량이 0.025 mg/kg 이하이면 수확 시 상추에 0.01 mg/kg 이하로 잔류할 것으로 판단되어 상추 재배 토양 중 tricyclazole의 관리농도는 0.025 mg/kg으로 제안할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업 “재배환경 중 잔류농약의 작물흡수이행 및 관리방안 연구 (PJ0108762017)”의 지원에 의하여 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

Literature Cited

Àlvarez, M., C. D. Mortier and A. F. Cirelli (2013) Behavior of Insecticide Chlorpyrifos on Soils and Sediments with Different Organic Matter Content from Provincial De Buenos Aires, República Argentina. *Water Air Soil Pollut.* 224:1453.

Boesten, J. J. T. I. and van der Linden, A. M. A. (1991) Modeling the influence of sorption and transformation on pesticide leaching and persistence. *J. Environ. Qual.*

- 20:425-435.
- Bovin, A., R. Cherrier and M. Schiavon (2005) A Comparison of Five Pesticides Adsorption and Desorption Processes in Thirteen Contrasting Field Soils. *Chemosphere* 61:668-676.
- Chun, S. B (2013) Adsorption and Leaching Characteristics of Diazinon, Fenitrothion, Alachlor, Metalaxyl and Atrazine in Soil Jeju Island, Thesis for master, Jeju National University.
- Fernandes, M. C., Cox, L., Hermosín, M. C., & Cornejo, J. (2006). Organic amendments affecting sorption, leaching and dissipation of fungicides in soils. *Pest Management Science*, 62(12):1207-1215.
- Genuchten, M. T. V., P. J. Wierenga (1986) Solute dispersion coefficients and dispersion factors. In: *Methods of Soil Analysis, Part I* A. Klutd (Ed.) Agronomy Monograph No. 9 (2nd ed.), ASA, Madison, WI, Chap. 44, p. 1025-2054.
- Hur, J.H., H.Y. Park, S.P. Thapa, J.K. Kim, S.A. Jung, A.R. Han, M.H. Youn, S.J. Hur, J.Y. Kim, J.Y. Kim, J.Y. Hur (2011) Risk assessment of soil residual pesticide. Research report for Ministry of Agriculture, Fishery and Food.
- Hwang, I. Y., E. J. Chio, J. K. Roh (1984) Evaluation for Safety of Tricyclazole. (I). *Korean J. Environ. Agric.* 3(2):1-5.
- Jarvis, N. J., Hollis, J. M., Nicholls, P. H., Mayer T. and Evans, S.P. (1997) MACRO\_DB: A decision-support tool for assessing pesticide fate and mobility in soil. *Environmental Modeling & Software* 12:215-265.
- Jeon, S. O., J. I. Hwang, S. H. Lee, J. E. Kim (2014) Uptake of Boscalid and Chlorfenapyr Residues in Soil into Korean Cabbage. *Kor. J. Pesti. Sci.* 18(4):314-320.
- Jury, W. A., Focht, D.D. and Farmer, W. J. (1987) Evaluation of pesticide groundwater pollution potential from standard indices of soil-chemical adsorption and biodegradation. *J. Environ. Qual.* 16:422-428.
- Kam, S. K., Ko B. C., Oh Y. K., Lee Y. D. and Kim J. H. (1999) Adsorption and Leaching of Organophosphorus Pesticides in the Soil of Cheju Island. *J. Korean Environ. Sci. Soc.* 8(3):379-386.
- KCPA (2016) Using guideline of crop protection agents. Korea Crop Protection Association, Samjung Inc. Seoul, Korea.
- Lee, K.S. (2010) Behavior of pesticides in soil. *Korean J. Pestic. Sci.* 14(3):303-317.
- Leonard, R. A. (1990) Movement of pesticides into surface waters, In *Pesticides in the soil environment: processes, impacts and modeling*. H. H. Cheng, (Ed.), Soil Science Society of America, Madison, WI. 303-349.
- Park, H. J., J. H. Choi, B. J. Park, C. S. Kim, Y. B. Ihm and G. H. Ryu (2004) Uptake of endosulfan and tricyclazole from arable soil by several vegetables I (green house study). *Kor. J. Pesti. Sci.* 8(4):20-287.
- Paterson, S. and D. Mackay (1994) A Model of Organic Chemical Uptake by Plants from Soil and the Atmosphere. *Environ. Sci. Technol.* 28:2259-2266.
- RDA (2010) Method of Soil Chemical Analysis.
- RDA and KCPA, (2012) 2012 Guideline of test for pesticide registration.
- Spark, K. M. and R. S, Swift (2002) Effect of Soil Composition and Dissolved Organic Matter on Pesticide Sorption. *Sci. Total Environ.* 298(7):147-161.
- Trapp, S. and M. Matties (1995) Generic one-compartment model for uptake of organic chemicals by foliar vegetation. *Environ. Sci. Technol.* 29:2333-2338.
- Turner, J. A. (2015) Tricyclazole, A world compendium *The Pesticide Manual 17<sup>th</sup>ED* ; Turner, J.A. Eds; British Crop Protection Council, Alton, Hampshire, UK. pp 1146-1147.

## 상추 재배토양 중 잔류 Tricyclazole의 작물전이량

황규원 · 황은정 · 김민기 · 유수철 · 문준관\*

한경대학교 식물생명환경과학과

**요약** 본 연구에서는 tricyclazole을 대상으로 작물재배 토양 중에 잔류된 tricyclazole의 잔류 소실 및 상추로의 전이량을 파악하고자 하였다. Tricyclazole은 농작물 재배 시 사용하지 않았으나 경작지 토양에서 다수 검출되는 성분 중 하나이다. 포장시험은 광주(시험포장 1)와 용인(시험포장 2)의 시설재배지 두 곳에서 실시하였다. Tricyclazole을 토양 중 서로 다른 두 농도로 처리한 후, 토양과 상추를 채취하였다. 토양과 상추 중 평균 회수율 범위는 82.1~95.8%이었고, 변이계수는 1.7~6.8%였다. Tricyclazole의 초기 토양 농도는 시험포장 1에서 3.72, 7.36 mg/kg이었고 농약 처리 43일 후에 1.05, 2.19 mg/kg로 감소하였고, 시험포장 2에서는 초기 토양 농도가 0.86, 1.79 mg/kg이었고 농약 처리 36일 후에 0.53, 1.25 mg/kg으로 감소하였다. 시험포장 1에서의 토양 중 반감기는 저농도와 고농도 처리구에서 25.7, 24.8일 이었으며, 시험포장 2에서는 49.5, 69.3일 이었다. 상추 중 tricyclazole 잔류량은 시험포장 1과 2에서 초기 토양 농도 대비 각각 6.27~31.60%, 14.26~38.50% 범위였다.

**색인어** 살균제, 상추, 전이량, 트리사이클라졸