



## 멀칭토양에서 procymidone의 경시적 잔류량 변화와 부추에 대한 흡수이행성

이득영<sup>1</sup> · 김영진<sup>2</sup> · 문보연<sup>1</sup> · 김경진<sup>1</sup> · 송아름<sup>1</sup> · 최지민<sup>1</sup> · 최근형<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>국립농업과학원 농산물안전성부 잔류화학평가과, <sup>2</sup>안전성평가연구소 경남분소

## Residual Dissipation Pattern of Procymidone in Mulching Soil and Plant Uptake of the Soil Residual Procymidone on Chinese Chives (*Allium tuberosum* R.)

Deuk-Yeong Lee<sup>1</sup>, Yeong-Jin Kim<sup>2</sup>, Bo-Yeon Moon<sup>1</sup>, Gyeong-Jin Kim<sup>1</sup>,  
A-Reum Song<sup>1</sup>, Ji-Min Choi<sup>1</sup>, Geun-Hyoung Choi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Residue Chemical Assessment Division, Agro-Food Safety and Crop Protection Department,  
National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

<sup>2</sup>Environmental Safety-Assessment Center Gyeongnam Branch Institute, Korea Institute of Toxicology (KIT),  
Jinju 52834, Republic of Korea

(Received on September 5, 2022. Revised on September 27, 2022. Accepted on September 27, 2022)

**Abstract** The residue pattern by time course, dissipation time (DT<sub>50</sub>) in the mulching soil, and bioconcentration factor (BCF) of procymidone on Chinese chives were investigated under an open field trial with the mulching condition. The 1,000-fold dilute solution of 50% procymidone (wetable powder, WP) was sprayed on the soil, and plant a seedling of Chinese chives was after soil mulching. The initial residue of procymidone in the mulching soil was detected at 3.661 ± 0.114 mg kg<sup>-1</sup>, and the soil residues decreased to 1.634 ± 0.116 mg kg<sup>-1</sup> in 240 days after treatment. The DT<sub>50</sub> of procymidone in the mulching soil was estimated to be 216.6 days. The Chinese chives were harvested 4 times in a row during the study period, and the residues of procymidone in the Chinese chives were detected to be 0.789-1.854 mg kg<sup>-1</sup>. The residues of procymidone did not exceed the currently established maximum residue limit of 5 mg kg<sup>-1</sup> on Chinese chives. The BCF of procymidone was calculated to be 0.216-0.506 in Chinese chives.

**Key words** Bioconcentration factor, Chinese chives, Dissipation time, Procymidone, Soil residue

### 서 론

농약 허용물질목록 관리제도(Positive list system, PLS)란 국내 잔류허용기준이 설정된 농약 이외에는 일률기준(0.01 mg kg<sup>-1</sup> 이하)으로 관리하는 제도로 2019년부터 모든 농산물에 대해 시행되었다(Oh et al., 2021; Oh et al., 2022; Park et al., 2022). PLS 시행 전/후 경기도 유통 농산물 중 잔류 농약 실태 조사결과에 따르면, PLS 전면 시행 후 농산물 중 엽경채류의 검출률은 2018년 10.8%, 2019년 25.6%, 2020

년 34.1%로 지속적으로 증가하였다. 특히, 전체 농산물의 기준초과 중 일률기준 적용으로 인한 기준초과 비율이 2019년 약 48%, 2020년 약 57%로 증가하였다(Song et al., 2021).

Dicaboxamide계 살균제인 procymidone은 삼투압 신호전달 효소 MAPK (Mitogen-Activated Protein Kinase)의 저해제로 국내에 등록된 50% procymidone 수화제는 부추, 딸기, 오이, 토마토, 고추, 포도의 잿빛곰팡이병 방제에 사용되고 있다(Lim et al., 2021; Kwak et al., 2021; Zhang et al., 2021; KCPA, 2022). 경기도 유통 농산물 중 잔류농약 실태 조사결과에서 procymidone의 검출빈도는 2019년에 98건으로 2018년 대비 50% 감소하였으나, 2020년에 158건으로

\*Corresponding author  
E-mail: tendergreen@korea.kr

전년대비 다시 증가하는 경향이 나타났다(Song et al., 2021). 이는 대체 약제 부족으로 인한 기존 약제의 관행적 사용과 procymidone의 토양 반감기(208.3일)가 길어 작물로 흡수 이행 될 확률이 높아 토양 잔류에 따른 후작물에 대한 영향으로 인해 검출빈도가 증가하였다(Song et al., 2021; IUPAC 2022). 따라서, procymidone은 높은 환경 잔류성으로 인한 비의도적 작물 잔류의 가능성이 높아 토양 잔류 procymidone의 후작물 흡수이행에 대한 연구가 필요한 실정이다(Park et al., 2020; Kwak et al., 2021; Song et al., 2021).

2005년부터 2019년까지 15년간 엽채류의 최대 생산지역인 광주와 충남지역의 유통 농산물 중 엽채류에 대한 잔류 농약 실태 조사결과 azoxystrobin (17.8%)과 dimethomorph (16.5%)와 procymidone (11.8%)의 검출률이 높았으며, 특히, procymidone은 최대잔류허용기준(Maximum residue limit, MRL) 초과비율이 9.4%로 가장 높았다(Park et al., 2021). 또한, 2010년부터 2014년까지 광주와 전남지역에서 엽채류와 엽경채류의 잔류농약 실태 조사 결과, 엽경채류 중 부추에서 MRL 초과비율이 가장 높았으며, 특히 procymidone의 검출률 중 57%는 부추와 참나물에서 검출되었다(Park et al., 2015).

엽경채류 중 대표작물인 부추(*Allium tuberosum* R.)는 클로로필, 비타민 C, 칼슘, 식이 섬유소, 카로틴 등의 영양소가 많이 함유되어 있다(Moon et al., 2003; An et al., 2019). 부추의 주요 발생 병해는 균핵병, 노균병, 무름병, 잎마름병, 흑색썩음균병, 잣빛곰팡이병, 흰가루병 등의 8종이 있다(RDA, 2022). 부추는 지하부를 제외한 지상부만 수확하는 작물로, 첫 수확 후 2-3주 간격으로 지상부의 수확이 가능하며, 1회 파종으로 5-6년간 연속 수확 가능한 재배기간이 긴 작물이다(An et al., 2019; Oh et al., 2022). 국내에서 부추는 노지 또는 시설에서 재배하며, 노지재배는 8월과 10월 사이에 모종을 정식하여 이듬해 4월에서 6월에 수확한다. 이에 따라, 본 연구에서는 procymidone의 검출빈도가 높았던 부추를 대상으로 노지에 50% procymidone 수화제를 토양에 살포한 후 멀칭하여 토양 중 procymidone의 경시적 잔

류변화와 토양 잔류 procymidone의 부추에 대한 흡수이행 계수(Bioconcentration factor, BCF)를 산출하여 흡수이행성을 평가하였다.

## 재료 및 방법

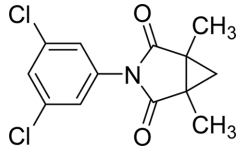
### 표준품 및 시약

Procymidone의 분석용 표준품은 Kemidas Co. (Suwon, Korea)에서 구입하여 사용하였으며, procymidone의 이화학적 특성은 Table 1과 같다. 추출 용매인 acetonitrile (ACN)은 Burdick & Jackson™ (Honeywell International Inc, Morris Plains, NJ, USA)의 high-performance liquid chromatography (HPLC) grade를 사용하였다. 토양과 작물 중 procymidone의 추출 및 정제는 Agilent Technologies, Inc. (Santa Clara, CA, USA)의 QuEChERS extraction kit (4 g MgSO<sub>4</sub> anhydrous, 1 g NaCl, 1 g sodium citrate tribasic dihydrate 및 0.5 g sodium citrate dibasic sesquihydrate)와 primary-secondary amine (PSA) 25 mg과 MgSO<sub>4</sub> 150 mg으로 구성된 dispersive-solid phase extraction (d-SPE) kit를 사용하였다.

### 시험포장 및 약제 처리

부추의 시험은 전라북도 남원의 노지포장에서 2021년 10월부터 2022년 6월까지 실시하였으며, 시험기간 동안 시험포장의 일일 평균 온도는 -8.1-27.4°C이었고, 일 최대 강수량은 40.2 mm이었다. 시험포장의 토양 특성은 Table 2와 같으며, 대상작물인 부추의 품종은 슈퍼그린벨트이었다. 시험포장의 대조구는 12 m<sup>2</sup> (1.2 m × 10 m)로 조성하였으며, 시험구는 반복구당 12 m<sup>2</sup> (1.2 m × 10 m)로 조성하여 3반복 배치하였고, 대조구와 시험구간 교차오염을 방지하기 위해 완충구를 3 m 이상 두었다. 부추에 대한 흡수이행 시험은 procymidone 50% 수화제(Dongbang Agro Co., Seoul, Korea)를 사용하였으며, 시험약제는 토양 중 procymidone의 명목상 농도가 3 mg kg<sup>-1</sup>이 되도록 반복구의 토양 부피를 고려

**Table 1.** Chemical structure and physicochemical properties of procymidone<sup>a)</sup>

Pesticide	Procymidone
Chemical structure	
Molecular weight (g mol <sup>-1</sup> )	284.14
Solubility in water (20°C, mg L <sup>-1</sup> )	2.46
log K <sub>ow</sub>	3.3
Vapor pressure (20°C, mPa)	2.3 × 10 <sup>-2</sup>

<sup>a)</sup> The data was obtained from International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) Pesticide Properties DataBase (IUPAC, 2022).

**Table 2.** Physico-chemical properties of the Chinese chives cultivation soil

Texture	SOM (%)	DOC (g kg <sup>-1</sup> )	pH (1:5)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	Available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Cation exchange capacity (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )
Sandy loam	3.54	0.522	7.23	0.86	184.3	4.3

하여(1.2 m × 10 m × 1 m) 약제 처리량을 산출하였으며, 반복구당 수화제 7.2 g을 1,000배 희석하여 충전식 전동분무기(HP-2010, HANIL SPRAY, CO., Ltd, Chungnam, Korea)로 토양 표면에 고르게 처리하였다. 시험약제 처리 3시간 후 비닐멀칭하고, 관행 재배에 따라 부추모종을 10월에 정식하여 이듬해 6월까지 재배하였으며, 2022년 4월부터 6월까지 수확하였다.

**시료채취**

토양시료는 약제 처리 3시간 후 0일차(DAT 0) 시료부터 최종 부추 수확일(DAT 240)까지 경시적으로 시료를 채취하였다. 토양시료는 0-10 cm 깊이의 토양을 반복구 당 1 kg 이상 채취하였으며, 채취한 시료는 음건하여 2 mm체로 거른 후 잔류 분석용 시료로 사용하였다.

부추시료는 평균 길이가 20-25 cm일 때 수확하였으며, 시험기간 중 총 4회 연속 수확하였다. 수확 시 부추는 반복구 당 1 kg 이상 수확하였으며, 수확한 시료는 냉장상태로 실험실로 옮긴 후 드라이아이스와 함께 곱게 분쇄하여 잔류분석 전까지 -20°C에서 보관하였다.

**잔류분석 시료 전처리 및 기기분석 조건**

토양 중 procymidone 잔류분석은 균질화 된 토양 시료 5 g에 ACN 10 mL를 가한 후 QuEChERS extraction kit를 첨가하여 1,300 rpm에서 10분간 진탕 추출기(Geno/Grinder 2010, SPEX SamplePrep, Metuchen, NJ, USA)로 추출하였다. 추출시료는 4°C, 4000 rpm에서 10분간 원심분리(Combi-514R, HANIL SCIENCE CO., LTD., Daejeon, Korea)하였

다. 추출 시료 상등액 1 mL를 취하여 PSA 25 mg과 MgSO<sub>4</sub> 150 mg이 든 d-SPE kit에 넣고 3분간 vortexing하고, 12,000 rpm에서 1분간 원심분리 하였다. 상등액을 syringe filter (PTFE, 0.22 µm, BIOFACT Co., Ltd., Daejeon, Korea)로 여과하여 잔류분석용 시료로 제조한 후 Table 3의 조건에 따라 GC-µECD (Agilent 7890, Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA, USA)로 분석하였다.

부추 중 procymidone의 잔류분석은 균질화 된 부추 시료 10 g에 ACN 10 mL를 가한 후 QuEChERS extraction kit를 첨가하여 토양과 같은 방법으로 추출 및 정제하였다. 정제 후 부추 시료는 ACN으로 2배 희석하여 잔류 분석용 시료로 제조한 후 Table 4의 조건에 따라 GC-MS/MS (SCION TQ, Bruker, Billerica, MA, USA)로 분석하였다.

**분석법 검증**

토양 중 procymidone의 잔류분석을 위한 검량선 작성은 표준품을 이용하여 100 mg L<sup>-1</sup> stock solution을 제조한 후 무처리 토양시료의 추출물로 희석하여 matrix-matched standard를 제조하였다. 토양 중 procymidone의 잔류분석을 위한 검량선은 0.005-0.500 mg kg<sup>-1</sup>의 범위에서 직선성(R<sup>2</sup>)은 모두 0.999 이상으로 양호하였고, 회수율 시험은 0.01 mg kg<sup>-1</sup>과 0.1 mg kg<sup>-1</sup>에서 3반복 수행하였으며, 그 결과 토양 중 procymidone의 평균 회수율은 87.8-98.4% 이었으며, 이들 정량분석에 대한 변이계수(Coefficient of variation, CV)는 5.2-8.1%이었다

부추 중 procymidone의 잔류분석을 위한 검량선 작성은 표준품을 이용하여 제조한 100 mg L<sup>-1</sup> stock solution을 무

**Table 3.** The instrumental condition of GC-µECD for quantitative analysis of procymidone in soil

Instrument	Agilent 7890 GC-µECD (Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA, USA)		
Column	Rtx-5 Si (0.25 mm × 30 m, 0.25 µm, Restek Corporation, Bellefonte, PA, USA)		
Injection volume	1 µL (Splitless)		
Injector temperature	250°C		
Flow	1 mL min <sup>-1</sup>		
	Temperature (°C)	Rate (°C min <sup>-1</sup> )	Hold (min)
Oven condition	100	0	2
	210	10	5
	280	12.5	5
	300	10	5
Detector temperature	300°C		
Detector gas flow	60 mL min <sup>-1</sup> (makeup gas)		

**Table 4.** The instrumental condition of GC-MS/MS for quantitative analysis of procymidone in Chinese chives (*Allium tuberosum* R.)

GC conditions			
Instrument	SCION TQ (Bruker, Billerica, MA, USA)		
Column	DB-5MS Ultra Inert (0.25 mm × 30 m, 0.25 μm, Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA, USA)		
Injection volume	1 μL (1:10, Split)		
Injector temperature	250°C		
Flow rate	1 mL min <sup>-1</sup>		
	Temperature (°C)	Rate (°C min <sup>-1</sup> )	Hold (min)
Oven condition	100	0	2
	210	10	5
	280	12	5
Mass conditions			
Ionization	Electron Ionization (EI), 70 eV		
Ionsource temperature	200°C		
Transferline temperature	250°C		
Manifold	40°C		
MRM condition	(Quantitative ion) 283 m/z → 96 m/z (CE 10) (Qualitative ion) 283 m/z → 177 m/z (CE 30), 255 m/z (CE 10)		

**Table 5.** Recoveries, CVs and LOQs of procymidone in soil and Chinese chives (*Allium tuberosum* R.)

Sample	Fortification (mg kg <sup>-1</sup> )	Recovery (%)	CV (%)	LOQ (mg kg <sup>-1</sup> )
Soil	0.01	98.4	8.1	0.005
	0.1	87.8	5.2	
Chinese chives	0.01	108.1	3.1	0.005
	0.1	90.9	0.7	

처리 부추시료의 추출물로 희석하여 0.010-1.000 mg kg<sup>-1</sup>의 범위로 제조하고, 이를 ACN으로 2배 희석하여 0.005-0.500 mg kg<sup>-1</sup> 범위의 matrix-matched standard를 제조하였다. 부추 중 procymidone의 잔류분석을 위한 검량선은 0.005-0.500 mg kg<sup>-1</sup>의 범위에서 직선성(R<sup>2</sup>)은 모두 0.998 이상으로 양호하였고, 부추 중 procymidone의 평균회수율은 90.9-108.1%이었다. 이들 정량분석에 대한 CV는 0.7-3.1%이었다(Table 5).

#### 토양 잔류 반감기 산출

토양 중 procymidone의 잔류량 감소양상을 확인하기 위해 약제처리 후 경과 일수에 따른 토양 중 잔류량 변화에 대한 회귀식을 Eq. 1에 적용하여 잔류량 감소상수(k)를 산출하였다(Fu et al., 2020). 식 (1)에서 C<sub>0</sub>는 농약의 초기농도(mg kg<sup>-1</sup>), t는 경과시간, C<sub>t</sub>는 t시간 후 농약의 농도(mg kg<sup>-1</sup>)를 나타낸다. 토양 잔류 반감기(Dissipation time, DT<sub>50</sub>)는 산출한 감소상수를 식 (2)에 적용하여 산출하였다(Lee et al., 2022).

$$C_t = -C_0 e^{-kt} \quad (1)$$

$$DT_{50} = \frac{\ln 2}{k} \quad (2)$$

#### 흡수이행계수(Bioconcentration factor) 산출

토양 잔류 procymidone의 부추에 대한 흡수이행성을 평가하기 위해 BCF를 산출하였다. BCF는 Lee et al. (2020) 등이 사용한 방법에 따라 과중 시점의 토양 초기 잔류농도(C<sub>soil</sub>)를 기준으로 부추 중 procymidone의 잔류농도(C<sub>crop</sub>)를 사용하여 식 (3)과 같이 산출하였다.

$$BCF = \frac{C_{crop}}{C_{soil}} \quad (3)$$

#### 결과 및 고찰

##### Procymidone의 멀칭토양 중 잔류감소 특성

50% Procymidone 1,000배 희석액을 토양에 처리 후 초기 토양 중 procymidone의 잔류량은 3.661 ± 0.114 mg kg<sup>-1</sup>이었으며, 이후 시간이 경과함에 따라 멀칭토양 중 procymidone의 잔류량은 초기 잔류량 대비 55% 감소한 1.634 ± 0.116 mg kg<sup>-1</sup>이었다. 본 연구에서는 약제를 처리한 후 비닐 멀칭하여 부추를 정식하였으며, 부추 최종 수확일까지 비닐 멀칭을 유지하였다. 시간에 따른 멀칭토양 중 procymidone의 잔류량 변화는 Fig. 1에 나타냈으며, 이에 대한 감소회귀식은 y=3.7337e<sup>-0.0032x</sup> 이었고, 감소상수(k)는 -0.0032이었다.

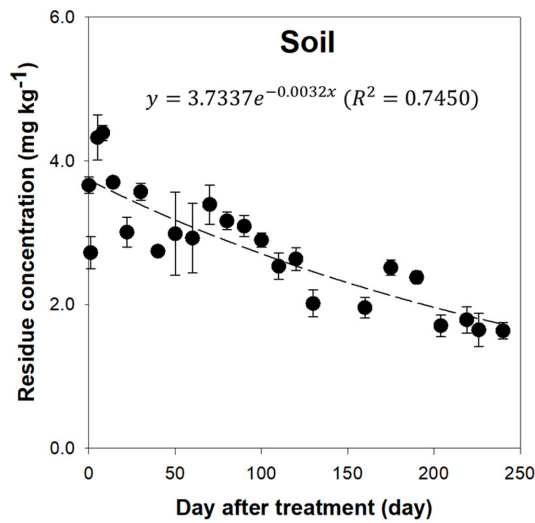


Fig. 1. Dissipation pattern of procymidone in cultivated soil.

감소상수로부터 산출한 멸칭토양 중 procymidone의 반감기는 216.6일이었다. 이는 농약특성데이터베이스(Pesticide properties database)에 보고된 procymidone의 토양 잔류 반감기인 208.3일과 유사하였다(IUPAC, 2022). 멸칭에 따른 토양 잔류 procymidone의 토양 잔류 반감기를 조사한 결과, 인삼재배 토양 중 procymidone의 반감기는 나대지에서 7일이었고, 멸칭토양에서 21-161일로 멸칭토양 중 procymidone의 반감기는 나대지에서의 반감기보다 3-23배 길었다(Kim and Lee, 2002). 또한, 오이, 고추, 가지, 토마토 등의 과채류 재배 시 비닐멸칭에 따른 반감기는 노지조건 대비 약 2배 길었다(Park et al., 2017). 따라서, 멸칭에 따른 토양 중 procymidone의 잔류 반감기가 길어질 수 있으므로, 토양 멸칭 유무에 따른 작물의 흡수이행성을 평가하는 것은 중요하다.

**부추 중 procymidone의 잔류량**

본 연구에서는 토양 잔류 procymidone의 부추 흡수이행성을 평가하기 위해 토양에 약제 처리 후 멸칭한 토양에 부추 모종을 정식하여 재배하였으며, 시험기간 동안 부추를 총 4회 연속 수확하였다. 부추의 1차수확(DAT 190)은 지상부 생육이 시작된 후 23일차에 수확하였으며, 2차수확(DAT 204)은 1차수확 후 14일차에 수확하였고, 3차수확(DAT 219)

은 2차수확 후 15일차에 수확하였으며, 4차수확(DAT 240)은 3차수확 후 21일차에 수확하였다(Table 6). 수확한 부추 중 procymidone의 잔류량은 0.789-1.854 mg kg<sup>-1</sup>이었으며(Table 6), 이는 2022년 현재 부추에 설정된 procymidone의 MRL인 5.0 mg kg<sup>-1</sup>을 초과하지는 않았다(MFDS, 2022). 부추 중 procymidone의 잔류량은 1차수확(DAT 190) 부추에서 1.854 ± 0.117 mg kg<sup>-1</sup>으로 가장 높았으며, 수확일자별 부추 중 procymidone의 잔류량은 1차 수확 부추 중 procymidone의 잔류량 대비 42.3-57.3% 감소하였다. 부추의 수확간격은 1차수확(23일) > 4차수확(21일) > 3차수확(15일) > 2차수확(14일) 순이었으며, 부추 중 procymidone의 잔류량은 1차수확(1.854 ± 0.117 mg kg<sup>-1</sup>) > 2차수확(1.069 ± 0.030 mg kg<sup>-1</sup>) > 4차수확(0.855 ± 0.085 mg kg<sup>-1</sup>) > 3차수확(0.789 ± 0.031 mg kg<sup>-1</sup>) 순이었다. 따라서, 수확간격에 따른 부추 중 procymidone의 잔류량 변화는 나타나지 않았다.

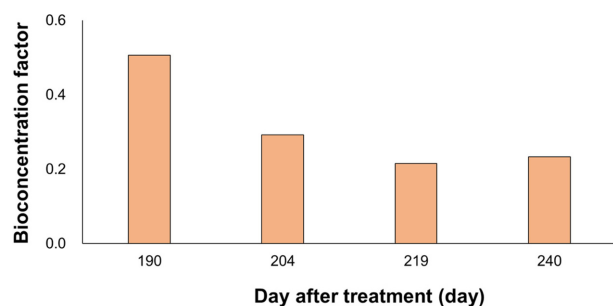
**토양 잔류 procymidone의 부추에 대한 흡수이행성**

토양 잔류 procymidone의 부추에 대한 흡수이행성을 평가하기 위해 토양 중 procymidone의 초기 잔류량과 수확한 부추의 잔류량으로 BCF를 산출하였다. 본 연구에서 초기 토양 중 procymidone의 잔류량은 3.661 ± 0.114 mg kg<sup>-1</sup>이었으며, 수확한 부추 중 procymidone의 잔류량은 0.789-1.854 mg kg<sup>-1</sup>이었다(Table 6). 토양 잔류 procymidone의 부추에 대한 BCF를 산출한 결과 0.216-0.506이었다(Fig. 2). 1차수확 부추의 BCF는 0.506이었고, 2차수확 부추의 BCF는 0.292이었고, 3차수확 부추의 BCF는 0.216이었으며, 4차수확 부추의 BCF는 0.234이었다(Fig. 2). 토양 잔류 procymidone의 상추에 대한 BCF는 0.210-0.258로 보고된 바 있으며, 이는 부추 1차수확(DAT 190)을 제외한 처리구에서의 BCF (0.216-0.292)와 유사하였다(Hwang et al., 2017). 토양으로부터 작물로 흡수이행 되는 토양 잔류 농약은 우선 뿌리를 통해 흡수가 일어나고, 뿌리에서 지상부로 전이되는 것으로 알려져 있다(Hwang et al., 2017; Kwak et al., 2021). 1차수확(DAT 190) 부추의 BCF가 0.506으로 가장 높게 산출되었으며, 이는 약제 처리 후 지상부 생육 전까지 뿌리를 통한 지속적인 토양 잔류 procymidone의 흡수로 인해 작물의 잔류량이 높아 BCF가 높게 산출된 것으로 판단되었다.

Table 6. Residue concentrations of procymidone in Chinese chives (*Allium tuberosum* R.) at harvesting time

Number of harvests	DAT (day) <sup>a)</sup>	Harvest interval of aerial part (day)	Residue concentration (Average ± SD, mg kg <sup>-1</sup> )
1 <sup>st</sup>	190	23	1.854 ± 0.117
2 <sup>nd</sup>	204	14	1.069 ± 0.030
3 <sup>rd</sup>	219	15	0.789 ± 0.031
4 <sup>th</sup>	240	21	0.855 ± 0.085

<sup>a)</sup> DAT : day after treatment



**Fig. 2.** Bioconcentration factors of procymidone in Chinese chives (*Allium tuberosum* R.).

## Author Information and Contributions

Deuk-Yeong Lee, Department of Agro-Food Safety and Crop Protection, Division of Residue Chemical Assessment, National Institute of Agricultural Sciences, Postdoctoral researcher, <http://orcid.org/0000-0001-6047-5276>

Yeong-Jin Kim, Department of Agricultural Chemistry, Gyeongsang National University, Ph.D. student; Environmental Safety-Assessment Center Gyeongnam Branch Institute, Korea Institute of Toxicology, Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-3926-9387>

Geun-Hyoung Choi, Department of Agro-Food Safety and Crop Protection, Division of Residue Chemical Assessment, National Institute of Agricultural Sciences, Researcher, <http://orcid.org/0000-0003-1991-1544>

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ0159442022)의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## Literature cited

An JM, Kim IR, Kim MK, Chang SY, Lim JH, et al., 2019. Residual characteristic of fungicide tebuconazole in Chinese chives (*Allium tuberosum* R.) under greenhouse condition. Korean J. Pestic. Sci. 23(3):220-230. (In Korean)

Amot JA, Gobas FAPC, 2006. A review of bioconcentration factor (BCF) and bioaccumulation factor (BAF) assessments for organic chemicals in aquatic organisms. Environ. Rev. 14(4):257-297.

Choi GH, Jeong DK, Lim SJ, Ro JH, Ryu SH, et al., 2017. Plant uptake potential of endosulfan from soil by carrot and

spinach. J. Appl. Biol. Chem. 60(4):339-342. (In Korean)

Fu Y, Dou X, Lu Q, Qin J, Luo J, et al., 2020. Comprehensive assessment for the residual characteristics and degradation kinetics of pesticides in *Panax notoginseng* and planting soil. Sci. Total Environ. 714:136718.

Hwang KW, Hwang EJ, Kim MK, Moon JK, 2017. Translocation of residual procymidone from soil to lettuce. Korean J. Pestic. Sci. 21(3):246-253. (In Korean)

Hwang JI, Zimmerman AR, Kim JE, 2018. Bioconcentration factor-based management of soil pesticide residues: endosulfan uptake by carrot and potato plants. Sci. Total Environ. 627:514-522.

International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), 2022. IUPAC Pesticide Properties DataBase. <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/atoz.htm> (Accessed Sep. 03. 2022).

Kim HY, Lee GS, 2002. Effect of coverings on the growth of ginseng and the persistency of procymidone in growing soils. Korean J. Environ. Agric. 21(1):24-30.

Korea Crop Protection Association (KCPA), 2022. Agrochemical use guide book. <https://www.koreacpa.org/ko/use-book/> (Accessed Sep. 03. 2022).

Kwak SY, Lee SH, Sarker A, Kim HY, Shin BG, et al., 2021. Uptake and carry-over of procymidone residues to non-target succeeding crop from applied on preceding crop. Korean J. Pestic. Sci. 40(3):203-210. (In Korean)

Lee DY, Chio GH, Rho JH, Lee HS, Park SW, et al., 2020. Comparison of the plant uptake factor of perfluorooctanoic acid (PFOA) and perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) from the three different concentrations of PFOA and PFOS in soil to spinach and Welsh onion. J. Appl. Biol. Chem. 63(3):243-248.

Lee DY, Choi GH, Bae YS, Lee SY, Kim SK, et al., 2021. Fate of endosulfan in ginseng farm and effect of granular biochar treatment on endosulfan accumulation in ginseng. Environ. Geochem. Health. DOI 10.1007/s10653-021-01152-1

Lee DY, Bae JY, Song YH, Oh KY, Kim YJ, et al., 2022. Residual dissipation pattern and residual safety assessment of dichlorvos and valifenalate in Chinese chives (*Allium tuberosum* R.) under greenhouse condition. Korean J. Pestic. Sci. 26(1):34-42. (In Korean)

Lim DJ, Kim SW, Kim YE, Yoon JH, Cho JH, et al., 2021. Plant-back intervals of imicyafos based on its soil dissipation and plant uptake for rotational cultivation of lettuce and spinach in greenhouse. Agricultural, 11(6):495.

Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2022. Pesticide and veterinary Drugs Information. <https://www.foodsafetykorea.go.kr/residue/main.do> (Accessed Sep. 03. 2022).

Moon GS, Ryu BM, Lee MJ, 2003. Components and anti-oxidative activities of Buchu (Chinese chives) harvested at different times. Korean J. Food. Sci. Technol. 35(3):493-498. (In Korean)

Oh KY, Choi GH, Bae JY, Lee DY, Lee SW, et al., 2020. Effect of soil organic matter content on plant uptake factor of

ginseng for endosulfan. J. Appl. Biol. Chem. 63(4):401-406. (In Korean)

Oh KY, Bae JY, Lee DY, Kim YJ, Lee DY, et al., 2021. Residual dissipation pattern of dichlorvos and etofenprox in squash under greenhouse condition. Korean J. Pestic. Sci. 25(1): 31-39. (In Korean)

Oh KY, Lee DY, Song TB, Kim YJ, Kim JH, 2022. Residual dissipation pattern and the safety assessment of tebufenozide and teflubenzuron on black chokeberry (*Aronia melanocarpa*). Korean J. Pestic. Sci. 26(2): 95-102. (In Korean)

Park DW, Kim KG, Choi EA, Kang GR, Kim TS, et al., 2015. Pesticide residues in leafy vegetables, stalk and stem vegetables from South Korea: a long-term study on safety and health risk assessment. Food Addit. Contam. - Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess. 33(1):105-118.

Park SW, Yoo JH, Oh KS, Park BJ, Kim SS, et al., 2017. Uptake and translocation of the soil residual pesticides into the vegetable crop. Korean J. Pestic. Sci. 21(3): 298-309. (In Korean)

Park BK, Jung SH, Kwon SH, Ye EY, Lee HJ, et al., 2020. Monitoring and risk assessment of pesticide residues on stalk and stem vegetables marketed in Incheon metropolitan area. J. Food Hyg. Saf. 35(4):365-374.

Park DW, Yang YS, Lee YU, Han SJ, Kim HJ, et al., 2021. Pesticide residues and risk assessment from monitoring programs in the largest production area of leafy vegetables in South Korea: A 15-year study. Foods. 10:425.

Park BK, Kwon SH, Yeom MS, Joo KS, Heo MJ, 2022. Detection of pesticide residues and risk assessment from the local fruits and vegetables in Incheon, Korea. Sci. Rep. 12:9613.

Rural Development Administration (RDA), 2022. National crop pest management system (NCPMS). <https://ncpms.rda.go.kr/> (Accessed Sep. 03. 2022.)

Song SH, Kim KY, Kim YS, Ryu KS, Kang MS, et al., 2021. Comparative analysis of pesticide residues in agricultural products in circulation in Gyeonggi-do before and after positive list system enforcement. J. Food Hyg. Saf. 36(3): 239-247. (In Korean)

Zhang S, Li L, Meng G, Zhang X, Hou L, et al., 2021. Environmental behaviors of procymidone in different type of Chinese soil. Sustainability. DOI 10.3390/su13126712

## 멸칭토양에서 procymidone의 경시적 잔류량 변화와 부추에 대한 흡수이행성

이득영<sup>1</sup> · 김영진<sup>2</sup> · 문보연<sup>1</sup> · 김경진<sup>1</sup> · 송아름<sup>1</sup> · 최지민<sup>1</sup> · 최근형<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>국립농업과학원 농산물안전성부 잔류화학평가과, <sup>2</sup>안전성평가연구소 경남분소

**요약** 50% Procymidone 수화제를 부추 노지 재배지에 살포하여 멸칭토양 중 procymidone의 경시적 잔류변화와 토양 잔류 procymidone의 부추에 대한 흡수이행계수 (Bioconcentration factor, BCF)를 산출하였다. 약액 처리 후 토양 중 procymidone의 초기 잔류량은  $3.661 \pm 0.114 \text{ mg kg}^{-1}$ 이었고, 최종 부추 수확 후 토양 중 procymidone의 잔류량은  $1.634 \pm 0.116 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로 감소하였다. 멸칭토양 중 procymidone의 잔류 반감기는 (Dissipation time,  $DT_{50}$ ) 216.6일이었다. 부추는 시험 기간 중 총 4회 연속 수확하였으며, 수확한 부추 중 procymidone의 잔류량은 0.789-1.854  $\text{mg kg}^{-1}$ 으로 현재 부추에 대해 설정되어 있는 최대 잔류허용기준량인 5.0  $\text{mg kg}^{-1}$ 을 초과하지 않았다. 약액 처리 190일 경과 후 수확한 부추의 잔류량은  $1.854 \pm 0.117 \text{ mg kg}^{-1}$ 이었고, 최종 부추 수확일인 약액 처리 240일 경과 후 수확한 부추의 잔류량은  $0.855 \pm 0.085 \text{ mg kg}^{-1}$ 으로 감소하였다. Procymidone의 부추에 대한 BCF를 산출한 결과 0.216-0.506이었다.

**색인어** 생물농축계수, 부추, 잔류 반감기, 프로사이미돈, 토양 잔류