

토양에 잔류된 Boscalid 및 Chlorfenapyr의 엽갈이 배추로의 흡수 이행

전상오 · 황정인 · 이상협 · 김장억*

경북대학교 농업생명과학대학 응용생명과학부

Uptake of Boscalid and Chlorfenapyr Residues in Soil into Korean Cabbage

Sang-oh Jeon, Jeong-In Hwang, Sang-hyeob Lee and Jang-Eok Kim*

School of Applied Biosciences, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

(Received on November 26, 2014. Revised on November 30, 2014. Accepted on December 14, 2014)

Abstract The uptake and transportation patterns of the residual boscalid and chlorfenapyr were investigated from the soils to Korean cabbages. The recovery rates of the pesticides spiked in the soils and Korean cabbages were 87.5 to 105.2%. Korean cabbages were cultivated in soils treated with two different concentrations of the pesticides as low (3.0 mg/kg) and high (6.0 mg/kg) concentrations in greenhouse for 28 days. The initial level of boscalid was determined as 2.77 and 5.66 mg/kg for the low and high concentration of boscalid-treated soils, respectively. After 28 days of treatment, the residual boscalid in soils decreased to 0.53 and 1.60 mg/kg for the low and high concentration of boscalid-treated soils, respectively, and thus it was reduced to 71.7 to 81.9%. The initial level of chlorfenapyr was determined as 2.38 and 6.43 mg/kg for the low and high concentration of chlorfenapyr-treated soils, respectively. After 28 days of treatment, the residual chlorfenapyr in soils decreased to 1.36 and 2.91 mg/kg for the low and high concentration-treated soils, respectively, and thus it was reduced to 42.9 to 54.8%. The residual pesticide analysis was done with 2 day intervals from 21 days-cultivated Korean cabbages after seeding. Uptake rates of boscalid from the soil to Korean cabbages were 2.4 and 2.2% for the low- and high-concentration of boscalid-treated soil, respectively. However, the uptake rate of chlorfenapyr by the cabbages was 1.5 and 1.3% for the low and high concentration-treated soil, respectively. The uptake rate of chlorfenapyr by the cabbages was lower than that of boscalid. These results showed that the residual pesticides in soil could be absorbed by Korean cabbages depending on their physicochemical properties.

Key words boscalid, chlorfenapyr, Korean cabbage, pesticide-remained soil, plant uptake

서론

안전한 농산물을 생산하고 공급하기 위한 많은 노력 덕분에 매년 발표되는 국내 생산 농산물의 부적합율은 점진적으로 감소하고 있지만(Kim et al., 2014; Ministry of Food and Drug Safety, 2012a), 여전히 최근 발표된 논문과 언론 매체 등에서 부적합 농산물에 관한 보고가 되고 있다(Kim et al., 2011; Ahn et al., 2012). 농산물의 부적합은 해당 농

산물에 등록이 되어 있지 않은 농약이 검출되거나 살포된 농약이 해당 작물의 잔류허용기준치를 초과할 경우 발생되며, 이러한 의도치 않은 부적합 농산물이 발생하는 요인 중 하나는 토양에 잔류된 농약이 후작물로 흡수 이행되어 후작물의 잔류량에 영향을 미치는 경우이다(Park et al., 2004; Paterson and Mackay, 1994). 따라서 작물에 살포된 후 토양에 떨어지거나 토양에 직접 혼화 처리되어 잔류하는 농약에 대한 작물 흡수 이행 정도와 토양 중 동태를 규명하는 것은 농산물의 안전성 유무를 평가하는 일에 매우 중요한 일이라 할 수 있다(Hwang et al., 2014).

토양 중에 잔류하는 농약이 작물의 뿌리를 통해 흡수되어 줄기, 잎 및 과실 등으로 이행될 수 있다. 흡수 이행되는 정

*Corresponding author

Tel: +82-53-950-5720, Fax: +82-53-953-7233

E-mail: jekim@knu.ac.kr

도는 작물의 특성과 농약의 이화학적 특성에 따라 달라질 수 있으며 과수 작물에 비하여 엽경채류의 경우 뿌리로 흡수 이행되면 바로 가식부에 해당하기 때문에 토양 중 잔류하는 농약의 특성에 더 크게 영향을 받을 수 있다. 엽경채류 중 하나인 엇갈이 배추의 경우 작물과 작물 사이에 밭이 비는 짧은 기간을 이용하여 사이짓기로 재배되며 일반적으로 시설 재배 시 3~4월에 파종하여 4월 중순에서 6월 초순에 수확하며 재배기간이 짧아 두 차례 나누어 파종 및 수확하는 연작으로 재배되는 특성이 있다. 이러한 엇갈이 배추의 재배특성 상 처음 재배할 때 살포된 농약이 토양 중에 잔류한 뒤 그 다음 재배에 영향을 미칠 가능성이 높다. 따라서 엇갈이 배추를 포함한 엽경채류의 경우 토양 중 잔류 농약의 양 및 작물로의 흡수 양상을 조사하는 것은 농작물의 안전성 평가에 있어서 특별히 고려하여야 할 것이다. 이러한 연구결과는 경작 토양에 잔류하고 있는 농약의 잔류량에 따른 농작물의 재배 제한 및 농약 살포횟수 감소 등에 고려의 대상이 되어야 하고 또한 궁극적으로 경작지의 작물 재배를 위한 잔류농약의 토양재배기준을 설정하는데도 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구는 시설재배지 토양에 잔류된 농약이 연작으로 재배되는 엇갈이 배추로 어느 정도 흡수 이행되는지를 조사하기 위하여 수행되었으며 시험농약으로는 잿빛곰팡이병과 흰가루병 방제에 많이 사용되고 있는 살균제 boscalid 및 과밤나방과 배추좀나방 방제에 많이 사용되고 있는 살충제 chlorfenapyr를 대상으로 하였다.

재료 및 방법

농약 및 시약

Boscalid의 표준품은 Dr. Ehrenstorfer GmbH (Augsburg, Germany)사의 순도는 99.0%, chlorfenapyr의 표준품은

BASF (Ludwigshafen, Germany)사의 순도 99.7%를 구입하여 사용하였다. 두 농약을 일정한 농도로 acetone에 희석하여 working solution으로 제조 후 사용하였으며 두 농약의 물리화학적 특성은 Table 1과 같다. 살포된 농약은 boscalid의 경우 유효성분 함량 49.3% 입상수화제(동부팜한농, 칸투스)를 사용하였고 chlorfenapyr의 경우 유효성분 함량 10% 액상수화제(동부팜한농, 섹큐어)를 사용하였다. 농약의 잔류 분석에 사용된 acetone, acetonitrile, methylene chloride, 및 n-hexane은 Burdick & Jackson Inc.(Muskegon, MI, USA)에서, Sodium chloride (EP급)와 sodium sulfate (GR급)는 Junsei Chemical Co. (Tokyo, Japan)에서 구입하였다. Florisil (F9127, 60-100 mesh)은 Sigma-Aldrich Chemical Co. (St. Louis, MO, USA)제품을 사용하였다.

시험 포장 및 약제살포

시험 포장은 경상북도 칠곡군 왜관읍 금남리에 위치한 시설재배 하우스를 임대하여 시험하였으며 엇갈이 배추의 품종은 똑심이었다. 처리구는 1.5 m×1.0 m, 완충거리 1 m를 한 처리구로 하였으며 재식밀도는 10 cm×10 cm(약 300포기/반복구)였다. 포장 시험 기간은 2014년 6월 6일부터 2014년 7월 4일까지 진행되었다. 약제살포는 엇갈이 배추 종자를 파종하기 전 토양에 boscalid와 chlorfenapyr를 가로 1.5 m×세로 1.0 m×깊이 10 cm의 토양 면적에 저농도 처리구로써 3.0 mg/kg, 고농도 처리구로써 6.0 mg/kg 수준으로 잔류하도록 물 2 L에 희석하여 균일하게 처리하고 2시간 방치 후 엇갈이 배추를 파종하였다. 엇갈이 배추 재배는 농가의 관행적인 방법에 따라 실시하였으며 재배기간 중 관개수는 비닐하우스 상부에 설치된 스프링클러를 이용하여 5일에 한 번씩 가로 5.0 m×세로 5.0 m의 재배면적 당 약 1.7 L/min의 수분을 20분간 공급하였다. 시료 채취는 토양의 경우 약제 살포 후 0, 7, 14, 21, 22, 24, 26 및 28일에 100 mL 부피의

Table 1. Physico-chemical properties of tested pesticides

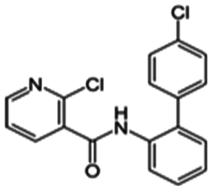
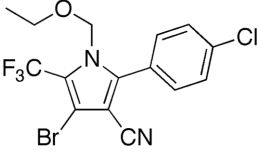
Pesticide	Boscalid	Chlorfenapyr
Structure		
Chemical name	1-[2-[4-(4-chlorophenoxy)-2-chlorophenyl]-4-methyl-1,3-dioxolan-2-ylmethyl]-1H-1,2,4-triazole	4-Bromo-2-(4-chlorophenyl)-1-ethoxymethyl-5-trifluoromethyl-1H-pyrrole-3-carbonitrile
Solubility	In water 4.6 mg/L (20°C), In n-hexane < 10, methanol 40-50, acetone 160-200 (all in g/L, 20°C)	In water 0.14 mg/L (pH 7, 25°C), In n-hexane 0.89, methanol 7.09, toluene 75.4, acetone 114, acetonitrile 68.4, dichloromethane 141(all in g/100L, 25°C)
Stability	Stable to hydrolysis pH 4, 5, 7 and 9; Stable to aqueous photolysis	In air DT ₅₀ 0.88 d. (10.6 h, calc.); In water DT ₅₀ 4.8-7.5 d.; Stable to hydrolysis (pH 4, 7 and 9)

Table 2. Physicochemical properties of the tested soil

Sample	Cultivated Crop	Soil texture	pH (1:5)	Exchangeable cations (cmol _e /kg)			EC ^a (dS/m)	Particle distribution (%)		
				K	Ca	Mg		Sand	Silt	Clay
Soil	Korean Cabbage	Sandy Loam	6.3±0.1	1.4±0.6	16.4±0.2	4.3±0.4	9.2±0.4	55.0±2.4	40.3±0.8	4.7±0.4

^aEC, electrical conductivity

core를 이용하여 채취하였고 채취 즉시 그늘에서 풍건하여 2 mm 체로 체질하였다. 채취한 토양 중 일부는 농촌진흥청 토양 분석법에 따라 토성을 분석하였으며(Rural Development Administration, 2000) 그 결과는 Table 2와 같다. 엇갈이 배추 시료의 경우 파종 후 21일부터 21, 22, 24, 26 및 28 일에 수확하였으며 개별 무게를 측정하여 균질화한 후 잔류 농약 분석 직전까지 토양시료와 함께 -20°C 냉동고에 보관하였다.

엇갈이 배추 및 토양 중 잔류농약의 분석방법

엇갈이 배추 및 토양 중 잔류농약분석방법은 식품공전 잔류농약 분석법을 참조 및 변형하여 적용하였다(Ministry of Food and Drug Safety, 2013). 엇갈이 배추는 시료 10 g을 취하여 acetone으로 homogenizer에서 3분간 12,000 rpm으로 고속마쇄하여 추출하였으며 토양의 경우 시료 10 g을 취하여 acetone으로 진탕기에서 30분간 250 rpm으로 진탕 추출하였다. 추출물을 Celite 545에 통과시켜 여과하여 1.0 L 분액여두에 옮기고 50 mL 포화식염수와 450 mL 증류수를 가한 후 dichloromethane 50 mL로 2회 분배 추출하였다. 추출액을 anhydrous sodium sulfate에 통과시켜 탈수하고 40°C 수욕상에서 감압농축한 후 농축물을 일정량의 hexane에 재용해하여 정제과정에 사용하였다. Open glass column (16 mm i.d.×40 cm, PTFE 부착)에 10 g의 florisil과 일정량의 anhydrous sodium sulfate를 차례로 습식 충전한 후 column 상부에 hexane으로 재용해한 시료액을 부하하고 boscalid의 경우 50 mL의 hexane/acetone (90/10, v/v)으로 1차 용출시

켜 흘러버린 후, 50 mL의 hexane/acetone (80/20, v/v)으로 2차 용출시켜 그 용출액을 분취하였으며, chlorfenapyr의 경우 50 mL의 hexane으로 1차 용출시켜 흘러버린 후, 50 mL의 hexane/acetone (95/5, v/v)으로 2차 용출시켜 그 용출액을 분취하였다. 분취한 용출액을 감압농축한 뒤 잔사를 acetone에 재용해하여 1.0 µL씩 Table 3과 같은 조건으로 GC-ECD에 주입하여 나타난 chromatogram상의 peak area를 표준검량선과 비교하여 잔류량을 산출하였다. 회수율 시험은 boscalid 및 chlorfenapyr를 토양 및 엇갈이 배추 시료에 각각 0.1 및 0.5 mg/kg이 되도록 처리한 다음 상기의 방법으로 추출, 정제한 후 GC-ECD로 분석하여 측정된 농약의 잔류량을 계산한 후 회수율을 구하였다.

결과 및 고찰

회수율시험 결과

시험농약의 정량분석을 위해 boscalid 및 chlorfenapyr는 GC-ECD로 표준검량선을 작성하였으며 boscalid와 chlorfenapyr의 검량선은 상관계수(R²) 값이 각각 0.9987 및 0.9982로 양호한 직선성을 나타내었다. 상기의 기기 분석 조건하에서 boscalid와 chlorfenapyr의 retention time은 각각 19.6 및 13.5 min였다.

엇갈이 배추 및 토양 중 boscalid 및 chlorfenapyr의 회수율시험 결과는 Table 4 및 Fig. 1과 같다. 엇갈이 배추 중 boscalid의 회수율은 92.0~101.6%로 나타났으며, chlorfenapyr의 경우 87.5~104.4%로 나타났다. 반면에 토양 중 두 농약의 회수율시험 결과 boscalid에서 96.7~105.2%로 나타났으며, chlorfenapyr의 경우 90.9~98.2%로 나타났다. 잔류농약 분석 중 시료의 간섭 피크는 존재하지 않았다.

토양 및 엇갈이 배추 중 boscalid 및 chlorfenapyr의 흡수 이행

토양 중 boscalid 및 chlorfenapyr의 잔류양상 및 엇갈이 배추로의 흡수 이행율은 Table 5에 나타내었다. 토양 중 두 농약의 초기잔류량은 boscalid의 경우 저농도구와 고농도구에서 각각 2.77 및 5.66 mg/kg이었고 chlorfenapyr의 경우 각 처리구에서 2.38 및 6.43 mg/kg으로 나타났다. 토양 중 두 농약의 잔류량은 시간의 경과에 따라 점점 감소하여

Table 3. Instrumental conditions for the analysis of boscalid and chlorfenapyr

GC-ECD	
Instrument	Shimadzu GC 2010
Column	DB-5 capillary column, [30 m L. × 0.25 mm I.d, 0.25 µm film thickness (J&W Scientific, USA)]
Temperature	Column 150 (2 min) 10/min 280 (10 min) Injector 260 Interface 300
Gas flow rate	N ₂ 1 mL/min
Injection vol.	1.0 µL split (50:1)

Table 4. Recoveries and limits of detection (LOD) for boscalid and chlorfenapyr

Sample	Pesticide	Fortification level (mg/kg)	Recovery (%)				MDA ^{b)} (ng)	LOD ^{c)} (mg/kg)
			1	2	3	Mean ^{a)} ±SD		
Korean cabbage	Boscalid	0.1	101.6	96.7	92.0	96.8±4.8	0.05	0.01
		0.5	96.5	93.9	95.9	95.5±1.4		
	Chlorfenapyr	0.1	99.9	87.7	87.5	91.7±7.1		
		0.5	103.1	104.4	102.7	103.4±0.9		
Soil	Boscalid	0.1	96.7	101.1	97.7	98.5±2.3		
		0.5	103.7	104.6	105.2	104.5±0.8		
	Chlorfenapyr	0.1	97.9	95.4	97.1	91.7±1.5		
		0.5	93.9	90.9	91.3	92.0±1.6		

^{a)}Mean of triplication; ^{b)}MDA, Minimum detectable amount; ^{c)}LOD, Limit of Detection

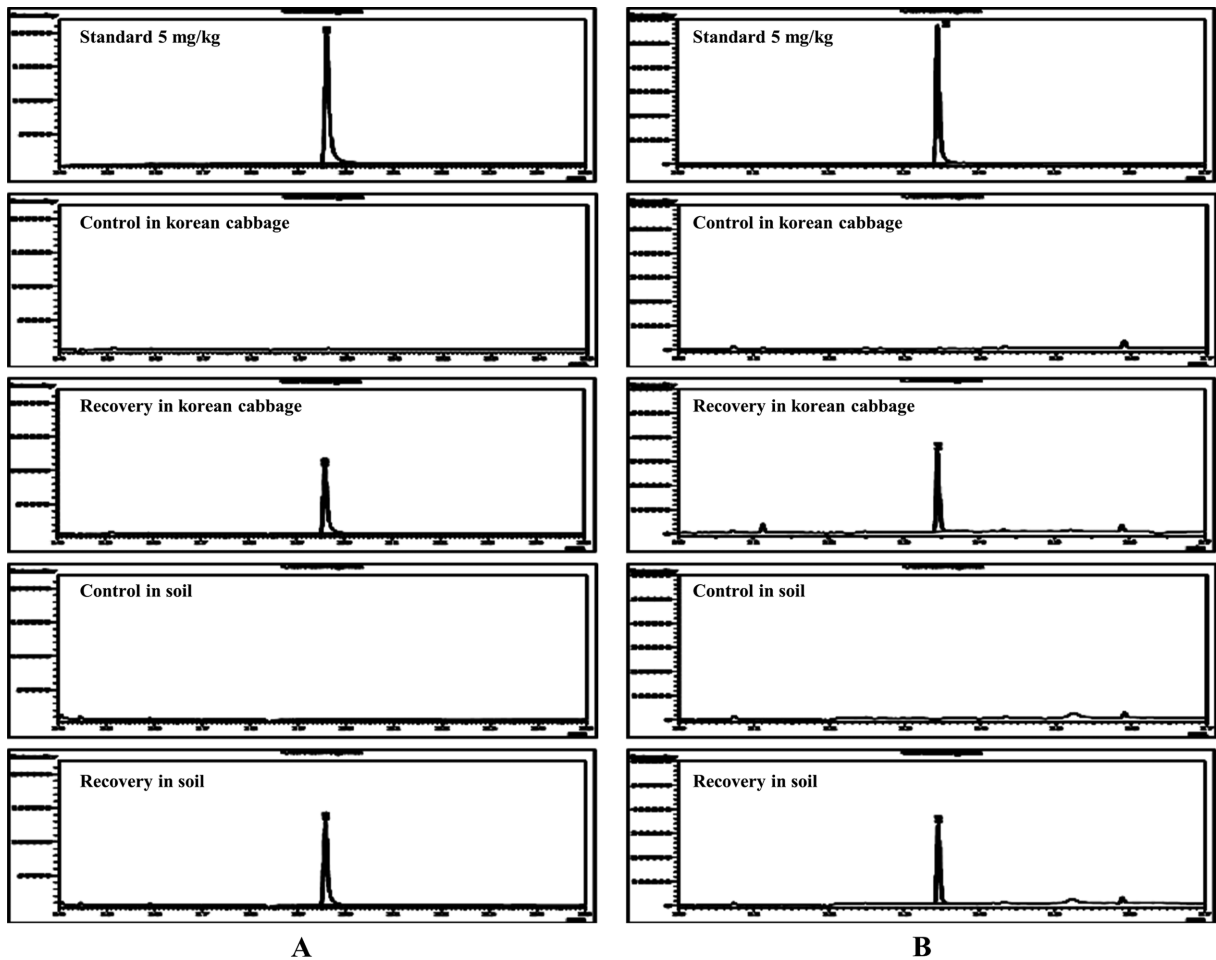


Fig. 1. Chromatograms of boscalid (A) and chlorfenapyr (B) in Korean cabbage and soil using GC-ECD

boscalid의 경우 수확일(파종 후 28일)에 저농도 처리구에서 잔류량이 0.53 mg/kg으로 초기잔류량의 80.9%가 감소하였으며, 고농도 처리구에서 1.60 mg/kg으로 초기잔류량의 71.7%가 감소하였다. 반면에 chlorfenapyr의 경우 저농도 처리구에서 잔류량이 1.36 mg/kg으로 초기잔류량의 42.9%

가 감소하였으며, 고농도 처리구에서 2.91 mg/kg으로 54.8% 감소하였다. 이 결과를 바탕으로 토양 중 시험농약의 지수 감소식 및 반감기를 산출한 결과 토양 중 boscalid의 지수감소식은 저농도 처리구에서 $y=3.1047e^{-0.0596x}$ 로 상관계수(R^2) 값이 0.9830이었고, 고농도 처리구에서 지수감소식은 $y=$

5.8180e^{-0.0373x}로 상관계수(R²) 값이 0.9166으로 나타났다. 두 감소식으로부터 계산된 토양 중 boscalid의 반감기는 11.6~18.6일이었다. 반면 토양 중 chlorfenapyr의 지수감소식은 저농도 처리구에서 y=2.5035e^{-0.0197x}로 상관계수(R²) 값이 0.9447이었으며, 고농도 처리구에서 감소식은 y=6.7708e^{-0.0459x}로 상관계수(R²) 값이 0.9914으로 나타났다. Chlorfenapyr의 토양 중 반감기는 15.1~35.2일로 나타나 boscalid의 토양 중 반감기보다 조금 느렸다.

토양 중 잔류량이 boscalid가 chlorfenapyr보다 빨리 감소한 이유는 boscalid 및 chlorfenapyr의 증기압이 각각 7.2×10⁻⁴ mPa 및 1.2×10⁻² mPa임을 미루어 보아 휘산에 의해 감소되는 영향은 크지 않은 것으로 보이며(Garcia, 2014; Park and Lee, 2011), boscalid의 물에 대한 용해도가 4.6 mg/L로 chlorfenapyr의 물에 대한 용해도 0.14 mg/L보다 크며 log P 값 또한 각각 2.96 및 4.83으로 boscalid의 극성이 상대적으로 더 높기 때문에(Macbean, 2012) 관개수 등에 의한 boscalid의 이동성이 chlorfenapyr보다 높아 더 빨리 소실되는 것으로 판단된다.

엇갈이 배추는 짧은 재배기간 동안 비대성장률이 높아 다

른 작물에 비해 희석 효과가 크기 때문에(Lee et al., 2008; Marin et al., 2003), 시간의 경과에 따라 흡수량의 변화를 보기 위해서 일자별 엇갈이 배추의 무게를 조사하여 한 개체 당 흡수된 농약의 절대량(μg)을 산출하였다. 토양에서 잔류하는 농약은 작물체로 흡수될 뿐만 아니라 토양 중에서도 이동 및 분해 등이 일어나며(Lee, 2010), 흡수된 농약은 작물체 내에서 제거 및 대사 등이 일어난다(Collins et al., 2006; Fantke and Juraske, 2013; Lu et al., 2014). 이러한 요인으로 흡수량을 경시적으로 산출하는 것은 어려움이 있기 때문에 본 논문에서는 토양 및 엇갈이 배추에서의 시간 경과에 따른 잔류량 변화를 조사하고 10 cm×10 cm의 토양 면적 중 농약의 초기 잔류절대량 대비 엇갈이 배추 중 농약의 잔류절대량의 비로써 흡수율(%)을 산출하였다. 그 결과 Table 5와 같이 토양으로부터 엇갈이 배추로 흡수된 농약의 양은 시간의 경과와 함께 증가하여 28일 경과 후 엇갈이 배추의 boscalid 흡수량은 저농도 처리구에서 2.47 mg/kg으로 흡수율이 2.4%였으며, 고농도 처리구에서 4.71 mg/kg을 흡수하여 2.2%의 흡수율을 보였다. 반면에 chlorfenapyr의 흡수량은 저농도 처리구와 고농도 처리구에서 각각 1.36 및

Table 5. Uptake rate of boscalid and chlorfenapyr treated with concentrations of 3.0 and 6.0 mg/kg from soil into Korean cabbage

Pesticides	Day after application (day)	Weight of K.C. ^{a)} (g)		Amounts in K.C. ^{a)} (mg/kg)				Amounts in Soil (mg/kg)		Uptake rate ^{b)} (%)	
				Treated levels							
		Low ^{c)}	High ^{d)}	Low ^{c)}		High ^{d)}		Low ^{e)}	High ^{d)}	Low ^{e)}	High ^{d)}
				Conc. ^{e)}	Abs. ^{f)}	Conc. ^{e)}	Abs. ^{f)}				
Boscalid	0	— ^{g)}	— ^{g)}	— ^{g)}	— ^{g)}	— ^{g)}	— ^{g)}	2.77	5.66	— ^{g)}	— ^{g)}
	7	— ^{g)}	— ^{g)}	— ^{g)}	— ^{g)}	— ^{g)}	— ^{g)}	2.25	4.39	— ^{g)}	— ^{g)}
	14	— ^{g)}	— ^{g)}	— ^{g)}	— ^{g)}	— ^{g)}	— ^{g)}	1.41	3.39	— ^{g)}	— ^{g)}
	21	17.95	18.36	1.28	22.98	2.35	43.15	0.97	2.91	0.70	0.64
	22	20.16	23.74	1.60	32.26	2.37	56.26	0.83	2.68	0.98	0.84
	24	28.42	29.82	1.99	56.56	2.45	73.06	0.75	2.59	1.72	1.08
	26	30.54	29.89	2.10	64.13	4.55	136.00	0.65	2.40	1.94	2.02
	28	32.04	31.97	2.47	79.14	4.71	150.58	0.53	1.60	2.40	2.23
Chlorfenapyr	0	— ^{g)}	— ^{g)}	— ^{g)}	— ^{g)}	— ^{g)}	— ^{g)}	2.38	6.43	— ^{g)}	— ^{g)}
	7	— ^{g)}	— ^{g)}	— ^{g)}	— ^{g)}	— ^{g)}	— ^{g)}	2.18	5.36	— ^{g)}	— ^{g)}
	14	— ^{g)}	— ^{g)}	— ^{g)}	— ^{g)}	— ^{g)}	— ^{g)}	2.05	4.55	— ^{g)}	— ^{g)}
	21	18.31	18.87	0.63	11.54	1.77	33.40	1.74	3.55	0.41	0.44
	22	21.89	23.54	0.73	15.98	2.03	47.79	1.63	3.38	0.56	0.62
	24	27.23	32.00	0.90	24.51	2.40	76.80	1.58	3.22	0.86	1.00
	26	30.40	38.29	1.11	33.74	2.63	100.70	1.45	3.08	1.19	1.32
	28	30.70	39.12	1.36	41.75	2.63	102.89	1.36	2.91	1.47	1.34

^{a)}K.C.; Korean cabbage

^{b)}Amounts of pesticides in Korean cabbage/initial amounts of pesticides in soil × 100

^{c)}Experimental plot treated with low concentration of 3.0 mg/kg

^{d)}Experimental plot treated with high concentration of 6.0 mg/kg

^{e)}Concentration of pesticides in Korean cabbage (mg/kg)

^{f)}Absolute amount of pesticides in Korean cabbage (μg)

^{g)}No sample

2.63 mg/kg으로 나타나 1.5 및 1.3%의 흡수율을 보였다. 작물이 토양 중 농약을 흡수하기 위해서는 토양 입자에 흡착되어 있는 농약보다 토양수에 녹아 있는 농약을 흡수할 가능성이 높기 때문에 log P 값이 낮고 물에 대한 용해도가 높은 boscalid가 chlorfenapyr보다 더 많이 흡수되는 것으로 나타났다(Juraske et al., 2011; Hwang et al., 2014).

두 농약의 엇갈이 배추 중 국내의 잔류허용기준은 boscalid의 경우 미설정되어 있으며 chlorfenapyr의 경우 0.5 mg/kg으로 설정되어있다(Ministry of Food and Drug Safety, 2012b). 이러한 경우 boscalid는 토양 중 잔류하는 것만으로 부적합 판정을 받을 수 있으며, chlorfenapyr의 경우 본 실험결과에 따라 토양 중 3.0 mg/kg 이상의 수준으로 잔류할 경우 엇갈이배추로 1.36 mg/kg 이상 흡수될 수 있으므로 설정된 잔류허용기준을 초과하게 된다. 하지만 현재 토양환경보전법에서는 시행규칙 제 1조의 2(토양오염물질)에 따라 카드뮴, 구리, 비소 등 중금속과 일부 유기화합물에 대해서만 고시하여 관리하고 있으며 토양 중 농약에 대한 기준설정 및 관리는 미흡하다(Ministry of Environment, 2014). 반면에 본 연구결과는 토양 중 잔류농약의 엇갈이 배추 중 흡수율이 높으므로 안전한 농산물을 관리 생산하기 위해서는 토양 중 잔류 농약의 경작지 재배 기준설정이 필요함을 나타내고 있으며 본 연구의 결과를 기초로 하여 다양한 요인을 고려한 시험이 진행되어야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 연구는 농촌진흥청의 2013~2014년도 작물재배환경 중 중금속, 농약 등 유해물질 관리방안 연구(과제번호: PJ009219)의 연구비 지원으로 수행된 결과의 일부이며 이에 깊은 감사 드립니다.

Literature Cited

- Ahn J. W., Y. H. Jeon, J. I. Hwang, H. Y. Kim, J. H. Kim, D. H. Jeong and J. E. Kim (2012) Monitoring of pesticide residue and risk assessment for fruit vegetables and root vegetables of environment-friendly certificated and general agricultural products. *Kor. J. Environ. Agric.* 31(2):164-169.
- Collins C., M. Fryer and A. Grosso (2006) Plant Uptake of Non-Ionic Organic Chemicals. *Environ. Sci. Technol.* 40(1):45-52.
- Fantke P. and R. Juraske (2013) Variability of Pesticide Dissipation Half-Lives in Plants. *Environ. Sci. Technol.* 47(8):3548-3562.
- Garcia L., C. Bedos, S. Générumont, P. Benoit, E. Barriuso and P. Cellier (2014) Modeling Pesticide Volatilization: Testing the Additional Effect of Gaseous Adsorption on Soil Solid Surfaces. *Environ. Sci. Technol.* 48(9):4991-4998.
- Hwang J. I., S. O. Jeon, S. H. Lee, S. E. Lee, J. H. Hur, K. R. Kim and J. E. Kim (2014) Distribution Patterns of Organophosphorous Insecticide Chlorpyrifos Absorbed from Soil into Cucumber. *Environ. Kor. J. Pesti. Sci.* 18(3):148-155.
- Juraske R., C. S. M. Vivas, A. E. Velsquez, G. G. Santos, M. B. B. Moreno, J. D. Gomez, C. R. Binder, S. Hellweg and J. A. G. Dallos (2011) Pesticide Uptake in Potatoes: Model and Field Experiments. *Environ. Sci. Technol.*, 45(2), 651-657.
- Kim J. Y., S. M. Lee, H. J. Lee, M. I. Chang, N. S. Kang, N. S. Kim, H. J. Kim, Y. J. Cho, J. Y. Jeong, M. K. Kim and G. S. Rhee (2014) Monitoring and Risk Assessment of Pesticide Residues for Circulated Agricultural Commodities in Korea-2013. *J. Appl. Biol. Chem.* 57(3):235-242.
- Kim H. Y., Y. H. Jeon, J. I. Hwang, J. H. Kim, J. W. Ahn, D. H. Jeong and J. E. Kim (2011) Monitoring of pesticide residue and risk assessment for cereals and leafy vegetables of certificated and general agricultural products. *Kor. J. Environ. Agric.* 30(4):440-445.
- Korea Crop Protection Association (2014) Agrochemicals Use Guide Book. Korea Crop Protection Association, Korea, pp. 132, 668-669.
- Park H. J., J. H. Choi, B. J. Park, C. S. Kim, Y. B. Ihm and G. H. Ryu (2004) Uptake of endosulfan and procymidone from arable soil by several vegetables I (green house study). *Kor. J. Pesti. Sci.* 8(4):20-287.
- Lee J. H., H. W. Park, Y. S. Keum, C. H. Kwon, Y. D. Lee and J. H. Kim (2008) Dissipation Pattern of Boscalid in Cucumber under Greenhouse Condition. *Kor. J. Pestic. Sci.* 12(1):67-73.
- Lee K. S. (2010) Behavior of Pesticides in Soil. *Kor. J. Pestic. Sci.* 14(3):303-317.
- Lu M. X., W. W. Jiang, J. L. Wang, Q. Jian, Y. Shen, X. J. Liu and X. Y. Yu (2014) Persistence and Dissipation of Chlorpyrifos in Brassica Chinensis, Lettuce, Celery, Asparagus Lettuce, Eggplant, and Pepper in a Greenhouse. *PLoS ONE* 9(6): doi:10.1371/journal.pone.0100556.
- Macbean C. (2012) The pesticide manual, 16th ed.; British Crop Production Council: Alton, Hampshire, UK, pp. 122-123, 176-177.
- Marín A., J. Oliva, C. Garcia, S. N. Navarro AND A. Baraba (2003) Dissipation Rates of Cyprodinil and Fludioxonil in Lettuce and Table Grape in the Field and under Cold Storage Conditions. *J. Agric. Food Chem.* 51:4708-4711.
- Ministry of Environment (2014) Soil Environment Protection Law enforcement regulations. Ministry of Environment, Korea.
- Ministry of Food and Drug Safety (2012a) Monitoring of pesticide residues in agricultural commodities-2012, Ministry Food and Drug Safety: Korea.
- Ministry of Food and Drug Safety (2012b) MRLs for Pesticides in Foods. Ministry of Food and Drug Safety, Korea, pp. 244-245.

Ministry of Food and Drug Safety (2013) Korean Food Standards Codex Pesticide Analytical Manual 4th ed., Ministry of Food and Drug Safety, Korea, pp. 92-105, 287-293.

Park B. J., J. H. Lee (2011) Worker Exposure and Volatilization Pattern of Cadusafos, Ethoprophos and Probenazole after Applying Granular Type Formulation on Soil in Greenhouse. Korean J Environ Agric. 30(2):160-165.

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.

Rural Development Administration (2000) Physicochemical properties of soil, In Analytical method for soil and plant; Ihm, J.N.; Sam Mi: Suwon, Republic of Korea, pp. 103-130.

● ● 토양에 잔류된 Boscalid 및 Chlorfenapyr의 엇갈이 배추로의 흡수 이행

전상오 · 황정인 · 이상협 · 김장억*

경북대학교 농업생명과학대학 응용생명과학부

요 약 토양에 잔류된 농약의 작물로의 흡수 이행 양상을 조사하기 위해서 boscalid 및 chlorfenapyr를 토양에 잔류시킨 후 엇갈이 배추로 흡수 이행 되는 정도를 조사하였다. 엇갈이 배추 및 토양 중 두 농약의 확립된 분석법을 이용하여 회수율시험을 실시한 결과 회수율은 87.5~105.2% 범위 이내이었다. 토양 중 boscalid의 초기잔류량은 저농도 처리구에서 2.77 mg/kg, 고농도 처리구에서 5.66 mg/kg이었으며 28일 경과 후 잔류량은 각각 0.53 및 1.60 mg/kg으로 초기잔류량의 71.7~81.9%가 감소하였다. 반면에 chlorfenapyr의 초기잔류량은 저농도 및 고농도 처리구에서 각각 2.38 및 6.43 mg/kg으로 나타났으며, 28일 경과 후 각각 1.36 및 2.91 mg/kg으로 초기잔류량의 42.9~54.8%가 감소하였다. 엇갈이 배추시료는 파종 후 21일부터 28일까지 약 2일 간격으로 수확하여 잔류농약분석을 실시하였으며 시간경과에 따라 농약의 흡수량이 증가하였다. 엇갈이 배추로 흡수된 boscalid의 흡수량은 저농도 처리구에서 2.47 mg/kg으로 2.4%의 흡수율을 보였으며, 고농도 처리구에서 흡수량은 4.71 mg/kg으로 2.2%가 흡수되었다. 반면에 chlorfenapyr의 흡수량은 저농도 및 고농도 처리구에서 각각 1.36 및 2.63 mg/kg으로 나타나 1.5 및 1.3%를 흡수하였다. 이러한 결과는 토양에 잔류된 농약이 후작물로 흡수 이행되어 수확물에서의 잔류량에 영향을 미칠 수 있다는 것을 나타낸다.

색인어 boscalid, chlorfenapyr, 엇갈이 배추, 잔류농약, 흡수 이행

● ●