농약과학회지 (Korean J. Pestic. Sci.)
Vol. 21, No. 4, pp. 427-433 (2017)
Open Access https://doi.org/10.7585/kjps.2017.21.4.427
ORIGINAL ARTICLES

Online ISSN 2287-2051
Print ISSN 1226-6183

엇갈이 배추 재배 토양 중 살균제 Azoxystrobin의 전이량

김민기 · 황규원 · 황은정 · 유수철 · 문준관*
한경대학교 식물생명환경과학과

Translocation of Residual Azoxystrobin from Soil to Korean Cabbage

Min-Gi Kim, Kyu-Won Hwang, Eun-Jung Hwang, Soo Cheul Yoo and Joon-Kwan Moon*

Department of plant life and environment sciences, Hankyong National University, 327 Jungang-ro, Anseong 17579, Korea

(Received on September 28, 2017. Revised on November 20, 2017. Accepted on November 22, 2017)

Abstract This study was conducted to propose an appropriate management level in soil for azoxystrobin by analyzing the amount of transference and residual loss in Korean cabbage of soil pesticide during the cultivation of crops. The trial was carried out at two trial 1 (Gwangju) and trial 2 (Mohyun). The recovery rates were 86.9~113.6% and the coefficient of variation was 0.1%~2.0% in soil. While the recovery rates of azoxystrobin from Korean cabbage were ranged from 93.3 to 104.9% with 0.6~5.5% of CV. Trial 1 soil samples were collected at 0, 7, 14, 25, 35, 39 and 43 days after treatment with low treatment (3.0 mg/kg) and high treatment (6.0 mg/kg). Trial 2 soil was collected at 0, 7, 14, 22, 28 and 36 days after treatment with low treatment (1.0 mg/kg) and high treatment (2.0 mg/kg). The residual amount of trial 1 soil decreased to 10.69 and 2.81 mg/kg after 43 days from 10.67 and 12.74 mg/kg at 0 day. The residual amount of trial 2 soil decreased from 0.93 and 1.85 mg/kg at 0 day to 0.28 and 0.44 mg/kg after 36 days. Residual amount of Korean cabbage was not detected in all the treatments in both treatments 1 and 2.

Key words Azoxystrobin, Fungicide, Korean cabbage, Translocation

<< ORCID
Joon-Kwan Moon
http://orcid.org/0000-0001-9944-7475

서 론

농약은 농작물의 재배 및 저장시에 발생하는 병과 해충, 잡초를 효과적으로 방제하여 작물을 보호하는, 현대 농업에 있어서 중요한 농업 자재이다. 이러한 농약은 여러 가지 형태의 화학구조를 가지고 있으며 작물에 살포한 후 다양한 경로로 소실되거나 토양, 작물, 지하수 등으로 이동하여 잔류하는 경우가 발생한다(Kim et al., 2009).

농약이 잔류된 식품 섭취로부터 국민 안전을 보호하기 위해 식품의약품안전처에서는 잔류허용기준(Maximum Residue Limit, MRL)을 고시하고, 안전성 조사 결과 허용기준 이상으로 농약이 검출되면 해당 농작물을 폐기 및 용도전환을 조치하게 된다(MFDS 2016). 이로 인하여 생산에게는 큰 경제적 손실이 발생하게 되고, 농약이 잔류되어 있는 식품을 소비자가 섭취하였을 경우에는 인체에 심각한 위해성 문제를 일으킬 수 있다(Lee et al., 2012). Azoxystrobin{methyl (E)-2-[2-[6-(2-cyanophenoxy)pyrimidin-4-yl]oxyphenyl]-3-methoxyprop-2-enoate}은 strobilurin계 침투이행성 살균제로, monooxygenase 활성을 저해하여 포자의 성장을 억제하며 흰가루병의 방제를 위해 사용되는 약제이다(KCPA 2016; Kim 1994). 현재 국내에서는 63종의 농산물과 식품에 MRL이 설정되어 있는데(Ministry of Food and Drug Safety 2016), 2016년부터 2017년까지 농식품안전안심시스

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

템을 통한 안전성 조사 결과 엇갈이 배추 417건의 시료 중 130건의 시료에서 잔류농약이 검출되었고 그 중 9건이 부적합 농산물로, 검출된 시료 중 6.9%의 부적합률을 보였다. 잔류농약이 검출된 모든 엇갈이 배추 중 azoxystrobin 검출횟수는 총 3회로 전체 검출건수의 2.3%를 차지하였다(SafeQ 2017).

한편, 2011년에 농림수산식품부에서 진행한 토양 중 잔류농약 오염실태 조사 결과에 따르면, 채취한 토양 시료 365건 중 검출률은 imidacloprid (77건, 21.1%)와 tricyclazole (77건, 21.1%)이 가장 높았으며 azoxystrobin (20건, 5.5%)도 상당량 검출이 되었다(Hur et al., 2011).

현재 잔류농약으로 인해 발생하는 안전성 문제를 해결하려는 다양한 노력을 기울인 결과 매년 국내에서 생산되는 농산물의 부적합률은 점진적으로 감소하고 있다(Kim et al., 2014; MFDS 2012). 하지만 국내에 유통되고 있는 유기 농산물에 대한 잔류농약 문제는 여전히 존재하고 있다(Kim et al., 2011; Ahn et al., 2012). 부적합 농산물이 발생하는 원인으로 부적절한 농약 사용 이외 직접 작물체에 살포된 농약이 부착되거나, 살포된 농약이 중력에 의하여 토양 표면으로 낙하되거나, 토양에 잔류된 농약을 작물의 뿌리를 통해 흡수 이행되는 경우가 있다(Collins et al., 2006; Hur et al., 2011). 이렇게 토양에 잔류하는 농약은 토양수분과 함께 작물체의 줄기 및 뿌리 등 지하부로 흡수 및 부분 확산되어 작물체내로 이행될 가능성이 있다. 실제로 친환경 재배산물에서 사용하지 않은 농약이 검출되어 피해를 입기도 한다. 이 사례들 대부분이 이전 작물에 살포했던 농약이 토양에 떨어져 잔류된 토양잔류농약의 일부분이 흡수 이행되어 영향을 끼친다고 보고되었다(Paterson et al., 1994; Park et al., 2004; Kim et al., 2011; Ahn et al., 2012).

현재 국내에서 사용되고 있는 농약들의 토양 반감기는 30일이내 이지만, 그 이외에 180일을 넘기거나 그 이하일지라도 살포된 농약이 후작물에 흡수될 가능성이 있다(Kim et al., 1999). Azoxystrobin의 토양 반감기는 호기성 토양에서는 112일이며, 혐기성 토양에서는 119일이며(Chungnam Center for Farmers Safety & Health, 2016), 해당 농약이 후작물에 흡수될 우려가 있을 것으로 판단된다.

농약에 대한 작물의 흡수 이행 정도와 농약의 토양 중 잔류 동태를 구명하는 연구는 농산물의 안전성을 확보하는 것뿐만 아니라 농약으로 인해 발생하는 토양환경의 오염관리 및 보전대책을 수립하는 데에 도움이 될 것이다(Hwang et al., 2014; Kim et al., 2014)

따라서, 본 연구에서는 엽채류 작물인 엇갈이 배추로 살균제 azoxystrobin의 흡수이행 정도를 평가하고, 그 결과를 바탕으로 안전한 농산물을 생산하기 위한 기준을 제안하고자 약제가 살포된 토양에서 엇갈이 배추를 재배하고 수확시 엇갈이 배추 중 잔류량을 분석하였다.

재료 및 방법

시약, 재료 및 기구

Azoxystrobin의 분석용 표준품(순도 99.4%)은 Sigma-Aldrich Chemical Co. (St. Louis, MO)로부터 구입하여 사용하였다. Florisil SPE (1 g) cartridge는 Phenomenex (USA)로부터 구입하여 사용하였다. Acetone, acetonitrile (ACN), dichloromethane (DCM), *n*-hexane, methanol (MeOH)은 Brudick & Jackson사의 HPLC grade (Korea)를 이용하였고, 감압농축기(EYELA, Japan)와 질소농축기(Hurricane-Lite, Cheongmin Tech, Korea)는 시료 추출액 농축 시 사용하였다. 채취한 배추 시료는 Mixer (NFM-8860, NYC, Korea)를 이용하여 마쇄하였고, 진탕기(SK600, Lab. companion, Korea)로 추출하였다. 또한 sodium chloride와 sodium sulfate는 Samchun Chemical의 GR (Korea)급을 사용하였고, 증류수는 Zeneer Power II (Korea)를 이용하여 제조 사용하였다. 야외시험용 농약제품은 azoxystrobin 21.7% 액상수화제로 신젠타코리아㈜의 제품('오티바')을 사용하였다.

공시 작물 및 농약 처리

공시 농작물인 배추는 '참멋진 엇갈이'((주)경농, 동오시드) 품종으로, 시험포장 1(경기도 광주, GC)와 시험포장 2(경기도 용인시, MC)에 위치한 재배하우스 농장에서 시설재배 하였다. 파종 전 제2종 복합비료(12-7-[9]+2+0.2) 10 kg (뿌리조은, 한농)와 토양개량제(천연칼슘비료, (주)해광패화석) 60 kg를 처리하고 로타리 작업으로 토양을 균질화 하였고 농촌진흥청 농약정보서비스에서 제시한 농약 안전성 살포물량 기준(RDA, 2012)에 따라 엇갈이 배추에 해당하는 10 a당 200 L의 물량에 맞춰 azoxystrobin 액상수화제를 각각 칭량하여 처리구별로 5 L의 물에 희석하였다. GC의 경우, 각각 16.6 g (GCT1, 0.36 g a.i./m^2), 33.2 g (GCT2, 0.72 g a.i./m^2)을 2.5 m × 4 m의 토양 표면에 일정하게 살포하였고, MC의 경우 각각 2.8 g (MCT1, 0.12 g a.i./m^2), 5.5 g (MCT2, 0.24 g a.i./m^2)을 2.2 m × 2.4 m의 토양 표면에 일정하게 살포하였다. 0 일차 약제 처리 3시간 후 엇갈이 배추를 20 cm × 20 cm 재식밀도로 파종하였다. GC와 MC의 온도 및 습도는 data logger (EL-USB-2-LCD, LASCAR, USA)를 포장 중심부에 설치하여 측정하였다.

시료 채취

토양 시료는 시료채취용 오거를 사용하여 표면 10 cm 깊이까지, 농약을 살포한 후 3시간이 지난 시점을 0일로 하여 GC의 경우 0, 7, 14, 25, 35, 39, 43 일차에 MC는 0, 7, 14, 22, 28 일차에 채취하였다. 채취한 토양은 즉시 실험실로 운반해 음건하고 2 mm체로 친 후 분석에 사용하였다. 엇갈이 배추 시료는 GC 시험구에서는 파종 후 35, 37, 39, 41, 43

일차에 MC 시험구는 22, 25, 28, 32, 36일차에 채취하였다. 엇갈이 배추 시료는 채취 후 낮은 유속으로 흐르는 물을 이용해 외부에 부착된 농약과 토양을 세척하고 뿌리를 제거한 후 충분히 물기를 제거하고 지상부 무게를 측정하였다. 이후 드라이아이스를 첨가하여 믹서기로 균질하게 분쇄하였다. 토양 및 엇갈이 배추 시료는 잔류량 분석 전까지 영하 20°C 이하 냉동고에 보관하였다.

잔류 분석 기기 조건

토양과 엇갈이 배추 시료 중 azoxystrobin의 잔류 분석은 Photo-Diode Array Detector (DAD)가 장착된 Agilent 1100 series HPLC (Agilent, USA)를 사용하여 수행하였고 분석 조건은 Table 1과 같다.

Azoxystrobin 표준검량선 작성

용량플라스크에 azoxystrobin 표준품(순도 99.4%) 10.0 mg을 칭량하여 100 mL 용량플라스크에 넣고 acetonitrile를 가하여 100 mL가 되도록 용해시켜 100 mg/L의 표준용액을 제조하였다. 이 표준용액을 용매로 단계적으로 희석하여 0.1, 0.5, 1.0, 5.0, 10.0 mg/L의 작업표준용액을 제조하였다. 이 표준용액을 HPLC-DAD에 일정량(10 μL) 주입하여 나타난 크로마토그램 상의 피크면적을 토대로 표준검량선을 작성하였다.

토양 및 엇갈이 배추 중 azoxystrobin의 잔류분석

토양 20 g을 취하여 증류수 30 mL를 가하고 1시간 정치한 후(엇갈이 배추 시료의 경우 10 g을 취하고 바로 추출) 100 mL의 acetone을 첨가하고 200 rpm으로 30분간 추출하였다. 추출액을 Büchner funnel로 흡인여과하고 여분의 30 mL acetone으로 용기를 씻어 내려 앞의 여과액과 합하였다. 여과액을 500 mL 분액여두에 옮긴 후 20 mL 포화식염수와 80 mL 증류수를 가하고 dichloromethane 70 mL로 2회 분배하였다. Dichloromethane 분배액을 20 g의 anhydrous sodium sulfate에 통과시켜 수분을 제거하고 40°C 수욕상에서 감압농축, 건고한 후 5% acetone/*n*-hexane (5/95, v/v) 2 mL에 재용해하여 컬럼 정제를 실시하였다. *n*-hexane 5 mL로 활성화 시킨 Florisil SPE cartridge (SPE-FL 1 g)에 추출시료를 적하하고, 8 mL의 5% acetone/*n*-hexane (5/95, v/v)으로 세척하여 방해물질을 제거하고 20% acetone/*n*-hexane (20/80, v/v)으로 azoxystrobin을 용출시켜 그 용출액을 질소건고 하였다. 건고 후 잔사를 acetonitrile 4 mL (엇갈이 배추의 경우 2 mL)에 재용해하여 기기분석을 수행하였다.

Table 1. HPLC operation condition for the analysis of azoxystrobin in soil and Korean cabbage

Instrument :	Agilent 1100 series
Detector :	Photo-Diode Array Detector (DAD)
Column :	Kinetex C18 (4.6 × 250 mm, 5 μm particle size)
Mobile Phase:	A (water), B (acetonitrile) = A/B = 45/55
Flow rate :	1.0 mL/min
Wavelength:	230 nm
Injection volume :	10 μL
Retention time :	6.64 min

토양 및 엇갈이 배추 중 azoxystrobin의 회수율 시험

Azoxystrobin 표준용액(10.0 mg/L)을 무처리 토양 시료 20 g에 각각 0.4 및 2.0 mL, 무처리 엇갈이 배추 시료 10 g에 각각 0.2, 1.0 mL 첨가하여 각각의 잔류량이 0.2 및 1.0 mg/kg이 되게 처리한 후 위의 전처리법으로 추출, 정제한 후 HPLC로 분석하여 계산된 잔류량으로 회수율을 계산하였다.

반감기 산출

경과일별 토양 중 azoxystrobin 잔류량의 평균치로 일차 감소 회귀식 $C_t=C_0 \cdot e^{-kt}$ (C_t: 잔류량, C_0: 초기농도, k: 감소상수, t: 시간)을 계산하고 k 값을 이용하여 토양 중 반감기($t_{1/2}$)를 $0.693/k$ 식으로 산출하였다.

결과 및 고찰

재배시설 내 온도, 습도 및 엇갈이 배추의 중량 변화

엇갈이 배추 재배 기간 동안 GC 시설 내의 일 평균 기온은 11.6~27.7°C였고, 일 평균 습도는 46.0~85.4%, MC 시설

Table 2. Weight changes of Korean cabbage during cultivation (g)

Field 1	35 DAT[3)]	37 DAT	39 DAT	41 DAT	43 DAT
GCT[1)] 1	67.3 ± 3.1	102.3 ± 6.1	134.1 ± 6.7	136.9 ± 2.5	195.2 ± 2.8
GCT 2	67.27 ± 4.7	85.6 ± 6.3	133.4 ± 8.4	115.7 ± 2.0	207.2 ± 2.3
Field 2	22 DAT	25 DAT	28 DAT	32 DAT	36 DAT
MCT[2)] 1	4.2 ± 9.2	12.7 ± 5.5	23.3 ± 1.2	70.9 ± 7.9	93.8 ± 2.7
MCT 2	5.0 ± 8.8	12.7 ± 2.9	27.7 ± 9.0	61.0 ± 6.2	109.4 ± 7.3

[1)]Gwangju Cabbage Treatment
[2)]Mohyun Cabbage Treatment
[3)]Day After Treatment

내의 일 평균 기온은 15.9~27.6°C였고, 일 평균 습도는 55.5~84.2% 범위였다. 시료 채취 시 엇갈이 배추의 평균 무게는 GCT 1에서는 35일차 67.3 g에서 43일차 195.2 g으로 2.9배 증가하였고, GCT 2에서는 67.3 g에서 207.2 g으로 3배 증가하였다. MCT 1에서는 22일차 4.2 g에서 36일차에 93.8 g으로 증가하였고, MCT 2는 5.0 g에서 109.4 g으로 증가하였다(Table 2).

토양 및 엇갈이 배추 중 azoxystrobin 잔류 분석법

Azoxystrobin의 표준검량선은 1.0 ng에서 100.0 ng까지 상관계수가 0.9999로 직선성을 보였다. 최소 검출량(Limit of Detection, LOD)은 분석 크로마토그램상에서 신호 대 잡음 비(S/N비)의 3배 이상을 나타내는 농약의 양을 말하며 baseline으로부터 피크를 인정할 수 있는 최소의 양이다. 최소 검출한계(Limit of Quantitation, LOQ)는 최소 검출량 또는 최소 검출 농도, 시료량 및 분석조작 중의 희석배율 등을 감안하여 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.

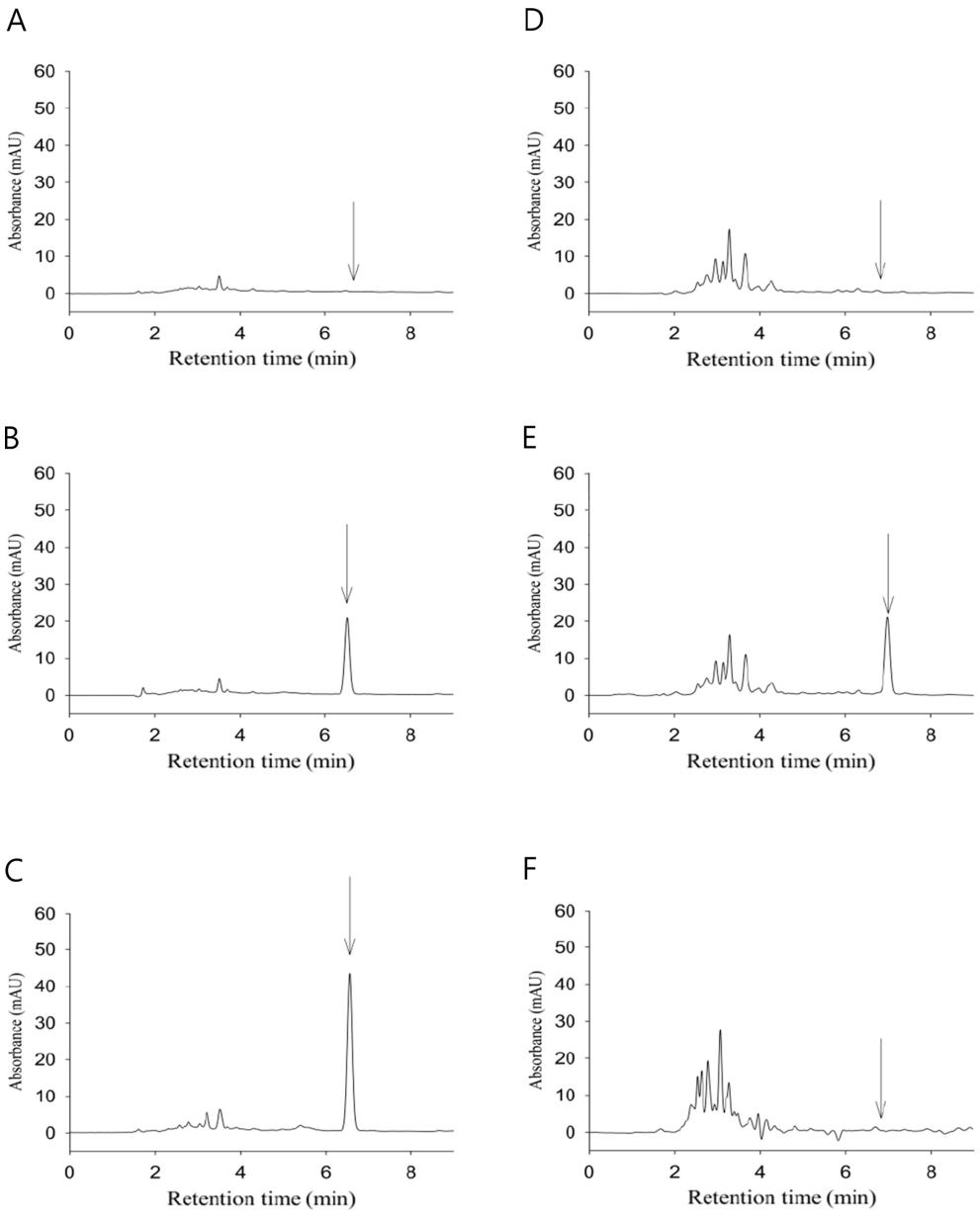

Fig. 1. HPLC chromatogram of GCT 1 soil and Korean cabbage sample. (A; control, B; fortified soil at 1.0 mg/kg, C; soil sample of 43 DAT at GCT 1, D; cabbage control, E; fortified cabbage at 1.0 mg/kg, F; cabbage sample of 43 DAT at GCT 1).

Table 3. Recoveries and limits of quantitation of azoxystrobin from soil and Korean cabbage

Sample	Fortification level (mg/kg)	Recovery (%)				LOQ (mg/kg)
		Re.1	Re.2	Re.3	Mean[a] ± C.V[b]	
GCT	0.2	95.8	96.6	95.0	95.8 ± 0.8	0.02
	1.0	87.2	86.8	86.8	86.9 ± 0.1	
MCT	0.2	112.5	115.4	113.0	113.6 ± 1.4	
	1.0	94.8	98.6	95.8	96.4 ± 2.0	
Korean cabbage	0.2	95.2	104.6	104.9	101.6 ± 5.5	
	1.0	94.3	93.5	93.3	93.7 ± 0.6	

[a]Average of triplicate
[b]Coefficient of variation, (a standard deviation/average) × 100

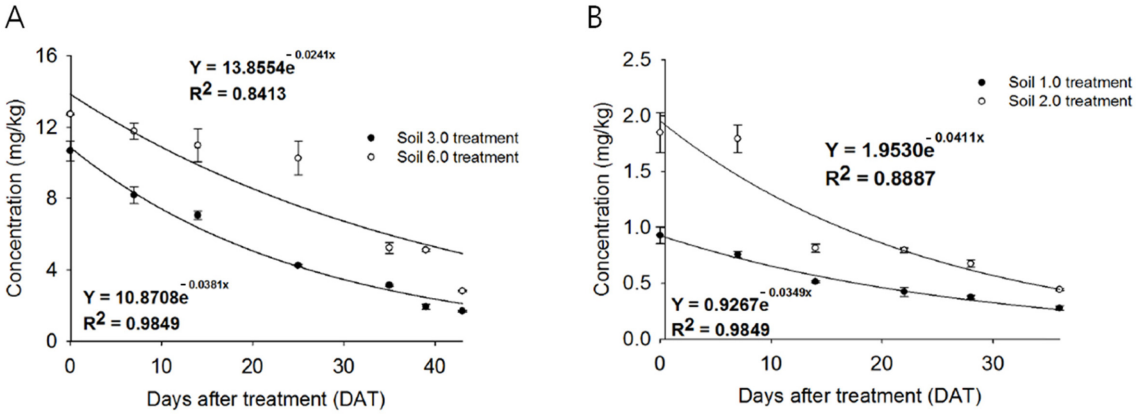

Fig. 2. Dissipation graphs of azoxystrobin in GCT (A) and MCT (B).

토양 및 엇갈이 배추 중 azoxystrobin의 회수율 시험

시료 중 회수율 시험은 잔류 분석 과정에 대한 적절성을 조사하는 것으로, 정량한계(LOQ)의 10배와 50배 농도, 두 수준으로 무처리 엇갈이 배추 시료에 azoxystrobin을 첨가한 후 분석법에 따라 전처리 및 기기분석을 실시하여 측정하였다. 시료 용액의 분석 크로마토그램 상에서 azoxystrobin의 머무름 시간은 6.6분 이었고, 중첩되는 방해물질은 없어 azoxystrobin의 분석에 적합하였다(Fig. 1). 회수율 시험 결과 0.2 (10 LOQ) 및 1.0 mg/kg (50 LOQ) 두 수준에서 GC 토양은 각각 95.8 ± 0.8, 86.9 ± 0.1%, MC 토양은 113.6 ± 1.4, 96.4 ± 2.0%, 엇갈이 배추 시료의 경우에는 101.6 ± 5.5, 93.7 ± 0.6%이었다(Table 3). 이 결과 농약의 등록시험 기준과 방법에서 권고하는 70~120%, 변이계수 20% 이내의 수준을 만족하였다(RDA and KCPA 2012).

토양 중 잔류량 변화

약제처리 토양 중 azoxystrobin의 초기 잔류 수준은 10.67, 12.74 mg/kg이었으며 약제처리 43일 후 GCT 1은 1.69 mg/kg로 GCT 2는 2.81 mg/kg로 감소하였다. 시험 기간 중 azoxystrobin의 농도는 1차 지수 함수적으로 감소하였고, 회귀식은 GCT 1은 C_t=10.8708$e^{-0.0381t}$ (R^2=0.9849), GCT 2는 C_t=13.8554$e^{-0.0241t}$ (R^2=0.8413) 이었다. 이 식에 따라서 산출된 시험 재배 토양 중 잔류량의 반감기는 각각 18.1, 28.8 일이었다. MCT 1의 초기 잔류농도는 0.93 mg/kg이었으며 36일 후에는 0.28 mg/kg로 감소 되었다. MCT 2의 초기 잔류량은 1.85 mg/kg에서 36일 후에는 0.44 mg/kg로 감소하였다. 잔류 감소 회귀식은 MCT 1은 C_t=0.9267$e^{-0.0349t}$ (R^2=0.9849), MCT 2는 C_t=1.9530$e^{-0.0411t}$ (R^2=0.8887)이었고, 반감기는 각각 19.8, 16.8일 이었다.

엇갈이 배추 중 잔류량 변화

Azoxystrobin이 처리된 토양에서 재배된 엇갈이 배추 중 잔류량은 GCT 1, GCT 2의 경우 모두 처리 35일 후부터 43일 후까지 0.02 mg/kg미만으로 수확 시료 내에서 약제가 검출 되지 않았다. MCT 1, MCT 2의 경우도 처리 22일 후부터 32일 후까지 GCT와 동일하게 엇갈이 배추 수확 시료에서 azoxystrobin이 검출 되지 않았다. 작물에 흡수 및 전이되는 유기화합물은 토양에서부터 뿌리를 통해 흡수하여 뿌리에서 지상부로 전이되는 것으로 알려져 있지만, 이러한 흡수 및 전이는 각각의 화학물질의 성질에 따라 그 양이 서로 다른 것으로 보고되어 있다(Chu et al., 2006; Low et al., 2009; Whitfield et al., 2007). 당근, 무과 같은 근채류의 경우 지하부에 흡수된 농약의 양이 처리 후 경과일 수에 따라 점차 증가하는 경향을 나타내고(Lim et al., 2016), 반면 배

추나 상추와 같은 엽채류의 경우는 뿌리로부터 지상부로 흡수 및 이행되는 양은 일정하지만 지상부의 작물 생육이 활발하여 전체 잔류량이 감소하는 경향을 나타낸다. 또한 토양중 존재하는 생물 혹은 비생물학적인 분해, 포장지내의 용탈작용등에 의한 약제 소실이 될 수 있으며(Marin et al., 2003; Andreu and Picó 2004; Garratt and Kennedy 2007), 배추체내 흡수된 농약이 대사작용으로 인해 분해 혹은 증산작용으로 인한 엽면에서의 소실등이 원인이 될 수 있다 (Collins et al., 2006; Lee et al., 2012, Fantke and Juraske 2013; Lu et al., 2014). 따라서 실제로 토양에 잔류하는 azoxystrobin 농약이 엇갈이 배추로 흡수되는 양이 적을 것으로 판단되며, 향후 추가적인 연구 및 실험을 통해 뿌리와 지상부 잔류량 사이의 관계를 구명해야 할 필요가 있는 것으로 판단된다.

토양 중 azoxystrobin의 관리농도 제안

엇갈이 배추 중 azoxystrobin의 MRL은 0.05 mg/kg으로 설정되어 있다(RDA, 2017). 이때 수확시 잔류량이 MRL을 초과하지 않는 토양 농도는 다음의 식을 통하여 계산할 수 있다.

$$C_{soil} \times 흡수율(\%) / 100 = 0.05$$
$$C_{soil} = 0.05 \times 100 / 흡수율(\%)$$

위 식에 의하면 토양 중 관리농도는 흡수율에 따라 결정되는데, 실험결과 토양의 특성 및 농도 변화에 관계없이 재배한 모든 엇갈이 배추 시료에서 azoxystrobin이 검출되지 않았다. 실제 살포시 토양 중 농도는 최대 2.81 mg/kg로써 전이된 azoxystrobin의 잔류량은 우려할 수준이 아닌 것으로 사료되지만, 좀 더 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청공동연구사업 “재배환경 중 잔류농약의 작물 흡수 이행 및 관리방안 연구 (PJ010876012017)”의 지원에 의하여 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

Literature Cited

Ahn, J. W., Y. H. Jeon, J. I. Hwang, H. Y. Kim, J. H. Kim, D. H. Chung and J. E. Kim (2012) Monitoring of pesticide residue and risk assessment for fruit vegetables and root vegetables of environment-friendly certified and general agricultural products. Kor. J. Environ. Agric. 31:164-169.

Andreu, V. and Y. Pocó (2004) Determination of Pesticides and Their Degradation Products in Soil: Critical Review and Comparison of Methods. Trend Anal. Chem. 23:10-11.

British Crop Production Council (2015) Metamifop, In A world compendium The Pesticide Manual 15thED.; British Crop Production Council Eds; British Crop Protection Council, Alton, Hampshire, UK. pp 930-931.

Collins, C., M. Fryer and A. Grosso (2006) Plant Uptake of Non-Ionic Organic Chemicals. Environ. Sci. Techol. 40:45-52.

Chris, C., Mike, F. and Albania G. (2006) Plant Uptake of Nonionic Organic

Chungnam Center For Farmers’ Safety & Health (2017) Pesticide Health and Safety Information.http://dkfarm.or.kr/pesticide. Accessed 28 July 2017

Chu, W. K., M. H. Wong and J. Zhang (2006) Accumulation, distribution and transformation of DDT and PCBs by Phragmites australis and Oryza sativa L.: I. Whole plant study. Environ. Geochem. Health 28:159-168.

Fantke, P. and R. Juraske (2013) Variability of Pesticide Dissipation Half-Lives in Plants. Environ. Sci. Technol. 47: 3548-3562.

Garratt, J. and A. Kennedy (2007) Modeling Pesticide Leaching and Dissipation in a Mediterranean Littoral Green house. J Agric. Food Sci. 55:7052-7061.

Han, S. H., S. K. Park, O. H. Kim, Y. H. Choi, H. J. Seoung, Y. J. Lee, J. H. Jung, Y. H. Kim, I. S. Yu, Y. K. Kim, K. Y. Han and Y. Z. Chae (2012) Monitoring of pesticide residues in commercial agricultural products in the northern area of Seoul Korea. Korean J. Pestic. Sci. 16:109-120.

Hur, J. H., H. R. Park, P. T. Shree, J. G. Kim, S. A. Jung, A. R. Han, M. H. Yoon, S. J. Heo, J. Y. Kim, J. Y. Kim and J. Y. Hur (2011) Evaluation of Residual Pesticide Residues in Soil

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. Pestic. Sci. 18(3): 148-155.

Jeon, S. O., J. I. Hwang, S. H. Lee and J. E. Kim (2014) Uptake of Boscalid and Chlorfenapyr Residues in Soil into Korean Cabbage. Kor. J. Pestic. Sci.

Jennifer, E., L. Melissa, R. Allison and A. Barbara (2009) Effect of plant age on PCB accumulation by Cucurbita pepo spp. pepo. J. Environ. Qual. 39:245-250.

KCPA (2016) Using guideline of crop protection agents. Korea Crop Protection Association, Samjung Inc. Seoul, Korea. pp 337-340.

Kim, H. Y., Y. H. Jeon, J. I. Hwang, J. H. Kim, J. W. Ahn, D. H. Chung 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. 30:440-445.

Kim, J. E., S. O. Jeon, J. I. Hwang and S. H. Kim (2014) Uptake of Boscalid and Chlorfenapyr Residues in Soil into Korean Cabbage. Kor. J. Pestic. Sci. 18(4):314-320.

Kim, Y. J., Y. R. Nam and J. K. Kim (1994) Improvement of Analytical Method of Tricyclazole and IBP·Combined Dust Korean J. Environ. Agric. 13(1):90-96.

Kim, J. H., J. H. Choe and H. G. Lee (1999) Safe use of pesticides for pesticide stability and comprehensive management of pests. Integrated Pest Management : Basic Concepts and Practices. National Institute of Agricultural Sciences, Korean, pp 155-182.

Ko, K. Y., K. H. Kim and K. S. Lee (2004) Residue patterns of procymidone and chlorothalonil in grape during the period of cultivation and storage, Korean J. Environ. Agric. 23(1): 47-51.

Lee, K. S. (2010) Behavior of pesticides in soil. Korean J. Pestic. Sci. 14(3):303-317.

Lee, K. Y., S. E. Starnd and S. L. Doty (2012) Phytoremediation of Chlorpyrifos by Populus and Salix. Int J Phytoremediation 14:48-61.

Lee, J. Y., H. H. Noh, H. K. Park, J. C. Kim, H. R. Jeong, M. J. Jin and K. S. Kyung (2015) Residual Characteristics and Behavior of Azoxystrobin in Ginseng by Cultivation Conditions Korean J. Pestic. Sci. 19:14-15.

Lee, S. R., H. K. Lee, J. H. Hur (1996) Information Resources for the Establishment of Tolerance Standards on Pesticide Residues in Soil. Kor. J. Environ. Agric. 15:128-130.

Lim, D. H., D. S. Lim and Y. S. Keum (2016) Translocation of polychlorinated biphenyls in carrot-soil systems. Korean J. Pestic. Sci. 20:203-210.

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 doi: 10.1371/journal.pone.0100556

Marin, A., J. Okiva, C. Garcia, S. Navarro and A. Barba (2003) Dissipation Rates of Cyprodinil and Fludioxonil in Lettuce and Table Grape in the Field and under Cold Storage Conditions. J Agric Food Chem 51:4708-411.

Ministry of Food and Drug Safety (2016) Pesticides Residue Database, http://fse.foodnara.go.kr/residue/pesticides/pesticides_mrl_korea_view.jsp?pesticideCode=P00228. Accessed 21 July 2017.

Parterson, S., D. Mackay and C. McFarlane (1994) A Model of Organic Chemical Uptake by Plants from Soil and the Atmosphere. Environ. Sci. Technol. 28:2259-2266.

Park, B. J. (2011) Pesticide Residue Monitoring and Environmental Exposure Assessment in Paddy Field Soil and Greenhouse Soils

Park, B. J., B. M. Lee, C. S. Kim, K. H. Park, S.W. Park, H. Y. Kwon, J. H. Kim, G. H. Choi and S. J. Lim (2013) Long-term monitoring of pesticide residues in arable soils in Korea. Korean J. Pestic. Sci. 17:283-292.

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 hose study) Korean J. Pestic. Sci. 8:280-287.

RDA and KCPA (2012) 2012 Guideline of test for pesticide registration

RDA (2012) http://pis.rda.go.kr/registstus/agchmRegistStus/prdlstInqireDetail.do. Accessed 21 July 2017.

SafeQ (2017) Food safety and security service safety survey result. https://www.safeq.go.kr/application/result/safetySurvey.do. Accessed 21 July 2017.

엇갈이 배추 재배 토양 중 살균제 Azoxystrobin의 전이량

김민기 · 황규원 · 황은정 · 유수철 · 문준관*

한경대학교 식물생명환경과학과

요 약 본 연구는 azoxystrobin을 대상으로 작물 재배 중 토양 잔류 농약의 엇갈이 배추로 흡수 이행 전이량과 잔류 소실량을 파악하여 안전한 농산물을 생산하기 위한 토양 중 기준을 제안하고자 하였다. 포장 시험은 시험 포장 1(경기도 광주시)와 시험 포장 2(경기도 용인)의 시설재배하우스 두 곳에서 실시하였다. 서로 다른 두 시험 포장과 서로 다른 농도로 약재를 처리하여 HPLC를 이용해 분석하였다. 토양과 엇갈이 배추의 회수율은 토양의 경우 86.9%~113.6%의 회수율과 변이계수는 0.1%~2.0%이였고 엇갈이 배추의 경우 93.3%~104.9%의 회수율과 0.6%~5.5% 변이계수로 분석법으로 적합하였다. 토양 시료 채취는 시험 포장 1의 경우 저농도(3.0 mg/kg)와 고농도(6.0 mg/kg)로 각각 처리 후 0, 7, 14, 25, 35, 39 및 43일 후에 채취하였고 시험 포장 2의 경우 저농도(1.0 mg/kg)와 고농도(2.0 mg/kg)로 처리 후 0, 7, 14, 22, 28 및 36일 후에 채취하였다. 시험 포장 1의 잔류량은 0일 후 각각 10.67, 12.74 mg/kg에서 43일 후에 1.69, 2.81 mg/kg으로 감소하였다. 시험 포장 2의 잔류량은 0일 후 0.93, 1.85 mg/kg에서 36일 후 0.28, 0.44 mg/kg으로 감소하였다. 엇갈이 배추 중 잔류량은 시험 포장 1 처리구와 시험 포장 2 처리구 모두 전 구간에서 약제가 검출되지 않았다.

색인어 살균제, 엇갈이 배추, 전이량, 아족시스트로빈