



들깨잎 중 chlorantraniliprole과 tetraconazole 잔류양상의 kinetic model 적용

김효정 · 이상협 · 곽세연 · 김태화¹ · 김장억*

경북대학교 농업생명과학대학 응용생명과학부, ¹(주)분석기술과 미래

Application of Kinetic Models for Residual Patterns of Chlorantraniliprole and Tetraconazole in Perilla leaves

Hyo-Jeong Kim, Sang-Hyeob Lee, Se-Yeon Kwak, Tae-Hwa Kim¹ and Jang-Eok Kim*

School of Applied Biosciences, Kyungpook National University, Daegu 41566, Republic of Korea

¹Analysis Technology and Tomorrow, Daegu 41566, Korea

(Received on October 14, 2019. Revised on November 20, 2019. Accepted on November 25, 2019)

Abstract Chlorantraniliprole and tebuconazole were different dissipation patterns in perilla leaves. As using kinetic model, it could be predicted dissipation patterns and half-lives of pesticides in perilla leaves. In this study, three kinetic models (zero order (ZO), first order (FO) and second order (SO)) were employed to compare and characterize the best-fit kinetic model describing the residual pattern of chlorantraniliprole and tetraconazole in perilla leaves as a minor crop. Chlorantraniliprole (5%, WG) and tetraconazole (12.5%, EW) were diluted with water and sprayed 2 times and 3 times at interval of 7 days before harvesting. The residual amounts of chlorantraniliprole and tetraconazole were analyzed by HPLC-UVD and GC-ECD. Comparing the correlation coefficients (r^2) of the kinetic models, chlorantraniliprole was 0.843, 0.847 and 0.851 for the ZO, FO, SO respectively and tetraconazole was 0.978, 0.980, 0.970 for the ZO, FO, SO respectively. Therefore SO was best fit to chlorantraniliprole but FO was best fit the dissipation patterns of tetraconazole. The equations of biological half-life of chlorantraniliprole were $y = 0.0124x + 0.2926$ (half-life: 23.7 days) by using SO and tetraconazole $y = 10.9390e^{-0.043x}$ (16.1 days) by using FO respectively. Therefore, the biological half-life needs to be calculated with the optimal equation to predict.

Key words Biological half-life, Chlorantraniliprole, Kinetic models, Perilla leaves, Tetraconazole

<< ORCID

Jang-Eok Kim

<http://orcid.org/0000-0003-1412-9393>

서 론

농약은 농작물을 가해하는 병해충 및 잡초를 방제하여 최종 수확물의 생산성을 증대시키고 또한 품질 향상을 위하여 꾸준히 사용되고 있다. 농작물에 살포되거나 혹은 토양에 처리된 농약들이 목적을 다한 후에 무해한 물질로 분해가 되는 것은 이상적이지만 환경 중에 잔류 되는 농약들도 상

당 수가 있다(Ahn et al., 2014; Jin et al., 2018; Lee et al., 2009).

농작물에 살포된 농약의 안전성을 평가할 때 농약의 잔류량을 측정하여 농약잔류허용기준치 미만으로 잔류하면 안전성에 문제가 없다고 평가한다(Yun et al., 2008; Lee et al., 2015). 농작물에 잔류되어 있는 농약도 시간이 지남에 따라 여러 요인들에 의하여 분해되어 가는데 생물학적 분해 반감기를 구하여 농약 별로 또는 농작물 별로 잔류량을 예측할 수 있다(Jeon et al., 2015; Moon et al., 2013). 특별히 우리나라에서 시행하고 있는 생산단계 잔류허용기준량 설정에서

*Corresponding author

E-mail: jekim@knu.ac.kr

는 분해 반감기를 어떻게 산출하는가가 출하시기를 결정하는데 굉장히 중요한 요인이 된다(Chung et al., 2017; Jin et al., 2014; Kim et al., 2014; Lee et al., 2009).

농작물에 잔류된 농약의 시간 경과에 따른 반감기를 산출할 때 어떤 kinetic model을 사용하였는가에 따라 반감기는 달라질 수 있다(Fantke and Juraske 2013; Park et al., 2013). 물론 살포 횟수를 다양하게 하고 측정일 수의 간격을 좁히면 좀 더 유의성이 있는 잔류 양상을 통계학적으로 구할 수가 있지만 3-4회 살포하는 정도에서 생물학적 분해 반감기를 산출해야 할 때 어떤 kinetic model을 사용하는가에 따라 반감기는 조금씩 달라질 수 있다(Fantke et al., 2014; Hwang et al., 2018).

현재 우리나라에서 통상적으로 사용하고 있는 first order kinetic model을 일괄적으로 적용하는 것 보다는 다른 kinetic model을 적용하여 농약 잔류량의 변화와 시간과의 관계를 파악하고 높은 결정계수(r^2)를 갖는 최적의 model을 찾아 이를 이용하여 생물학적 반감기를 산출하는 것이 바람직하다고 판단된다.

연구에서 사용된 작물은 농약 허용물질 목록관리제도가 금년부터 본격적으로 시행됨에 따라 그룹잔류허용기준을 적용 받는 소면적 재배작물로서 엽채류의 대표작물로 분류되어 있는 들깨잎을 이용하여 기존 kinetic model에 적용하여 반감기의 차이를 알아보려고 한다(Park et al., 2018; Sparks, 2003).

시험 대상인 농약은 diamide계 살충제인 chlorantraniliprole과 triazole계 살균제에 속하는 tetraconazole을 대상으로 하였다. 본 연구의 목적은 들깨잎 중 살충제 chlorantraniliprole과 살균제 tetraconazole의 시간 경과에 따른 잔류 양상을 조사하고 이를 kinetic model에 적용하여 생물학적 반감기

를 산출하여 서로 비교하고자 하였다.

재료 및 방법

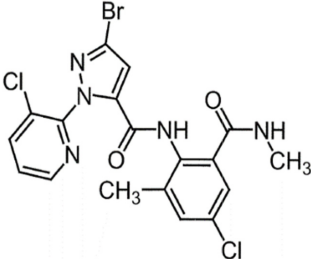
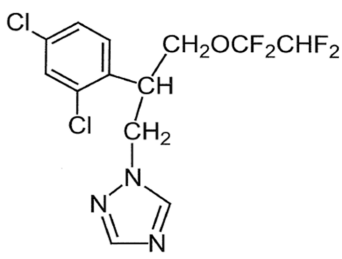
농약 및 시약

Chlorantraniliprole과 tetraconazole 표준품은 순도 97.0%와 98.1%의 Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO, USA) 및 AccuStandard Inc. (New haven, CT, USA)의 제품을 사용하였으며 시험 농약의 구조는 Table 1과 같다. 포장시험에 사용된 chlorantraniliprole은 5% 입상수화제[(주)동부팜한농, 알타코아]였으며, tetraconazole은 12.5% 유타제[Bayer, 에머너트]였다. 잔류농약의 분석을 위한 용매 ethyl acetate, dichloromethane, *n*-hexane은 Burdick & Jackson (Muskegon, MI, USA)사의 제품을 사용하였다. 시료의 정제를 위한 SPE cartridge (solid phase extraction)는 Agilent Technologies Inc. (California, CA, USA)의 silica (1 g, 6 mL)와 florasil (1 g, 6 mL)제품을 사용하였다.

시험 포장 및 약제 살포

들깨잎의 시험 포장은 경상남도 밀양시 상남면 예림리에 위치한 비닐하우스 재배 포장을 임대하여 사용하였으며, 들깨잎의 품종은 남천이었다. 구획 및 배치는 1.6 m × 6.25 m 크기로 구획하여 1 m의 완충구를 두고 3반복으로 배치하였으며 재식 밀도는 10 cm × 10 cm로 파종하여 재배하였다. 살충제 chlorantraniliprole은 2,000배로 희석하여 7일 간격으로 2회 처리하였으며, 살균제 tetraconazole은 1,000배 희석하여 7일 간격으로 3회 처리하였다. 들깨잎 시료는 최종 약제 살포 2시간 후 수확한 0일 차를 포함하여 1, 3, 5, 7 및 10일차에 수확하여 잔류량을 분석하였다.

Table 1. Chemical structures and physico-chemical properties of chlorantraniliprole and tetraconazole

Pesticide	Chlorantraniliprole	Tetraconazole
Chemical Structure		
IUPAC name	3-bromo- <i>N</i> -[4-chloro-2-methyl-6-(methylcarbamoyl)phenyl]-1-(3-chloropyridin-2-yl)-1 <i>H</i> -pyrazole-5-carboxamide	(<i>RS</i>)-2-(2,4-dichlorophenyl)-3-(1 <i>H</i> -1,2,4-triazol-1-yl)propyl 1,1,2,2-tetrafluoroethyl ether
Molecular formula	C ₁₈ H ₁₄ BrCl ₂ N ₅ O ₂	C ₁₃ H ₁₁ Cl ₂ F ₄ N ₃ O
Log P	2.76 (pH 7)	3.56 (20°C)
Solubility in water	0.9-1.0 mg/L (pH 4-9, 20°C)	156 mg/L (20°C)

농약의 잔류분석

들깨잎 시료 10 g에 acetone을 가한 후 homogenize에서 추출하고 여과한 후 dichloromethane 50 mL로 2회 분배 추출하였다. Dichloromethane 추출액을 anhydrous sodium sulfate에 통과시켜 탈수하고 40°C 수욕상에서 감압 농축한 후 SPE cartridge를 이용하여 정제하였다. Chlorantraniliprole의 정제는 *n*-hexane/ethyl acetate (8/2, v/v) 10 mL 재용해한 후 *n*-hexane으로 활성화된 silica SPE cartridge (1 g, 6 mL) 상부에 가하고 *n*-hexane/ethyl acetate (7/3, v/v) 10 mL을 용출 후 *n*-hexane/ethyl acetate (6/4, v/v) 10 mL로 용출 시켜 그 용출 액을 분취하여 감압 농축 하였다. 농축 후 acetonitrile 2 mL에 재용해한 뒤 PSA (Primary secondary amine) 50 mg 및 C₁₈ 50 mg을 첨가하여 잘 혼합한 후 5분간 원심분리(4,000 rpm)하고 상등액 일정량을 분취하여 nylon syringe filter (0.2 µm, 13 mm)에 여과하여 20.0 µL씩 주입하여 HPLC-UV로 분석하였다. Tetraconazole의 정제는 florisisil SPE cartridge (1 g, 6 mL)를 10 mL *n*-hexane으로 씻어 내린 후 *n*-hexane 5 mL 재용해한 시료를 가하고 *n*-hexane 10 mL 용출 시켜 버린 후 *n*-hexane/acetone (8/2, v/v) 10 mL 용출 시켜 그 용출 액을 분취하여 농축 후 acetone 2 mL 재용해한 뒤 1.0 µL씩 주입하여 GC-ECD로 분석하였다.

Kinetic model에 따른 생물학적 반감기 산출

살포된 농약은 일정 시간이 지남에 따라 환경적 요인 및 농약의 물리화학적 특성에 의해 소실되는 경향이 있으며, 이러한 소실 속도는 지수 값으로 계산되는 반응 차수로 표현 할 수 있으며, 이러한 반응 차수는 다양한 model로 적용되고 있다(Park et al., 2005).

본 연구에서는 다양한 model 중 농약의 생물학적 반감기 산출에 많이 사용되고 있는 Zero order kinetic model (ZO),

first order kinetic model (FO) 및 second order kinetic model (SO)을 적용하였다. ZO, FO 및 SO의 적용 변수는 시간(t)에 따른 농약의 잔류 농도(Concentration, [C])로 나타낼 수 있다. ZO는 [C]와 t의 관계, FO는 ln[C]과 t의 관계, SO는 1/[C]와 t의 관계로 Table 2와 같이 도출하였다. 따라서 농약의 반감기 산출에 적합한 kinetic model을 선정하기 위해 상기의 식을 적용하여 r²를 산출하였다.

결과 및 고찰

검출한계 산출 및 회수율 시험

Chlorantraniliprole과 tetraconazole을 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 및 10.0 mg/kg의 working solution으로 작성한 표준검량선의 상관계수는 0.999 이상으로 높은 직선성을 보여 정량 분석에 적합하였다. 상기의 기기 분석 조건하에서 chlorantraniliprole과 tetraconazole의 retention time은 20.4 및 19.5 min이었다.

들깨잎 중 chlorantraniliprole과 tetraconazole의 최소검출량은 각각 0.4 ng, 0.2 ng이었으며, 이를 산출한 분석법의 검출한계는 0.04 mg/kg이었다. 시험농약의 회수율시험 결과는 Table 3과 같이 chlorantraniliprole은 97.7-100.2%이었으며, tetraconazole은 85.6-104.9%로 잔류농약분석법 기준인 70-120%를 만족하는 것으로 나타났다. 표준용액 및 회수율 시험의 분석 chromatogram은 각각 Fig. 1 및 2와 같았으며 시료 중 간섭 peak는 존재하지 않았다.

들깨잎 중 잔류농약 양상의 kinetic 해석

들깨잎에 살포된 chlorantraniliprole과 tetraconazole 잔류량은 Table 4와 같이 살포 후 시간의 경과에 따라 지속적으로 감소하는 경향을 보였다. 들깨잎 중 chlorantraniliprole의

Table 2. Models employed to estimate the half-life of the chlorantraniliprole and tetraconazole in perilla leaves

Models	Rate law	Equations ^{a)}	Half-life(days)
Zero order kinetic model	$-d[C]/dt = k$	$[C]_t = -k t + [C]_0$	$[C]_0 / 2 k$
First order kinetic model	$-d[C]/dt = k[C]$	$[C]_t = [C]_0 \times e^{-kt}$	$0.693 / k$
Second order kinetic model	$-d[C]/dt = k[C]^2$	$1/[C]_t = k t + 1 / [C]_0$	$1/k [C]_0$

^{a)} [C]_t and [C]₀: residual pesticide concentration(mg kg⁻¹) at time t and 0 days, respectively; k: pesticide dissipation rate constants (day⁻¹)

Table 3. Recoveries for analytical methods of tested pesticides in perilla leaves

Pesticide	Fortification level (mg/kg)	Recovery (%)				MDA ^{c)} (ng)	LOD ^{d)} (mg/kg)
		1	2	3	Mean ^{a)} ± SD ^{b)}		
Chlorantraniliprole	0.4	98.5	99.1	97.7	98.9 ± 0.7	4.0	0.04
	2.0	99.7	100.2	99.5	99.8 ± 0.4		
Tetraconazole	0.4	104.9	96.7	101.6	101.0 ± 4.1	0.2	0.04
	2.0	85.6	86.8	88.5	87.0 ± 1.7		

^{a)} Mean of triplication; ^{b)}SD, Standard Deviation; ^{c)}MDA, Minimum Detectable Amount; ^{d)}LOD, Limit of Detection

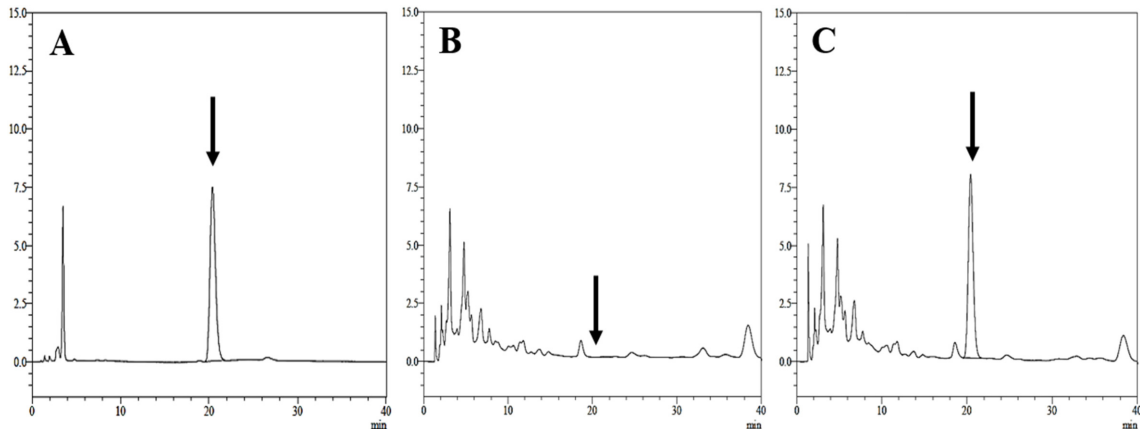


Fig. 1. Chromatogram of chlorantraniliprole in perilla leaves by HPLC-UV (A: chlorantraniliprole standard solution 10 mg/kg, B: control, C: fortification level 2.0 mg/kg).

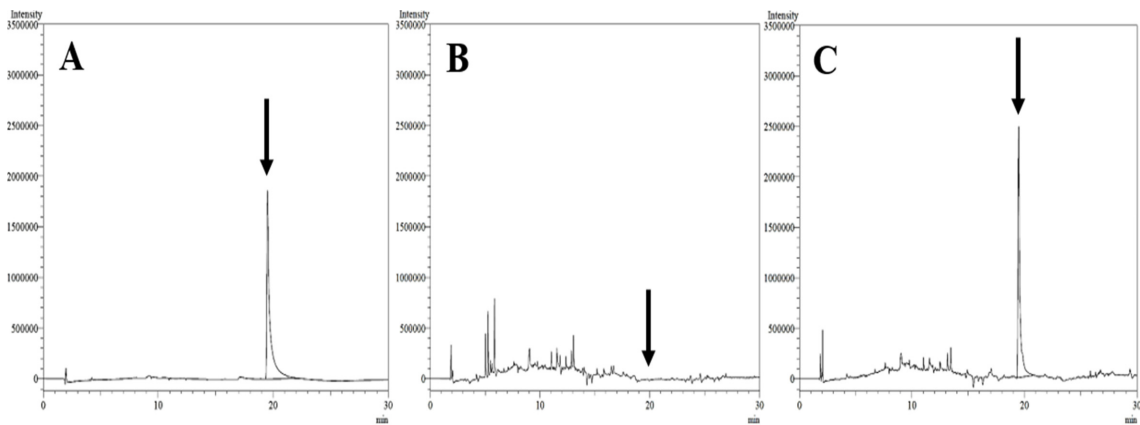


Fig. 2. Chromatogram of tetraconazole in perilla leaves by GC-ECD (A: tetraconazole standard solution 10 mg/kg, B: control, C: fortification level 2.0 mg/kg).

Table 4. Residual amounts of chlorantraniliprole and tetraconazole in perilla leaves after final application

Pesticide	Number of application	Residual amounts ^{a)} (mg/kg) ± SD ^{b)}					
		Days after final application					
		0	1	3	5	7	10
Chlorantraniliprole	2	3.40 ± 0.01	3.31 ± 0.00	3.27 ± 0.01	2.60 ± 0.01	2.54 ± 0.01	2.50 ± 0.01
Tetraconazole	3	11.10 ± 0.65	10.29 ± 0.14	9.37 ± 0.06	9.08 ± 0.07	8.25 ± 0.03	7.01 ± 0.21

^{a)} Mean of triplication; ^{b)} SD, Standard deviation

초기잔류량(0일차)은 3.41 mg/kg으로 식품의약품안전처에서 들깨잎에 설정한 잔류허용기준인 10 mg/kg보다 낮게 나타났으며, tetraconazole의 최대 잔류량의 경우도 처리 직후 11.86 mg/kg으로 기존에 설정된 잔류허용기준인 15 mg/kg보다 낮은 수준으로 나타났다. 들깨잎 중 두 농약의 잔류량은 chlorantraniliprole의 경우 2회 살포하였을 때 살포 직후 3.41 mg/kg에서 10일차에 2.50 mg/kg으로 약 27%로 감소하였으며, tetraconazole의 경우 3회 살포하였을 때 살포 직후 11.86 mg/kg에서 10일 차에 7.02 mg/kg으로 약 41%까지 지

속적으로 감소하였다.

들깨잎 중 시간에 따른 농약의 농도변화를 예측하기 위해 ZO, FO 및 SO를 사용하였으며, 3가지 식은 농약을 비롯한 환경오염 물질의 이동 및 동태를 예측하는데 주로 활용되는 model이다(Kim et al., 2012; Yang et al., 1995). 가장 적절한 model의 선정은 큰 r^2 와 작은 표준오차를 갖는 것을 기준으로 삼는다(Omirou et al., 2009; Park et al., 2005; Yang et al., 1995). ZO, FO 및 SO를 사용하여 얻어진 회귀방정식은 Table 5와 같았으며 감소 양상은 Fig. 3과 같다. 시간에

Table 5. Biological half-lives of pesticides in perilla leaves by kinetic models

Pesticide	Models	Regression curve		Half-life (days)
		Equations	r^2	
Chlorantraniliprole,	FO ^{a)}	$Y = 3.4039e^{-0.036x}$	0.8471	19.3
	ZO ^{b)}	$Y = -0.1047x + 3.3936$	0.8434	16.2
	SO ^{c)}	$Y = 0.0124x + 0.2926$	0.8513	23.7
Tetraconazole	FO ^{a)}	$Y = 10.9390e^{-0.043x}$	0.9804	16.1
	ZO ^{b)}	$Y = -0.3812x + 10.834$	0.9785	14.6
	SO ^{c)}	$Y = 0.0049x + 0.0901$	0.9703	18.4

a) First order kinetic model; b) Zero order kinetic model; c) Second order kinetic model

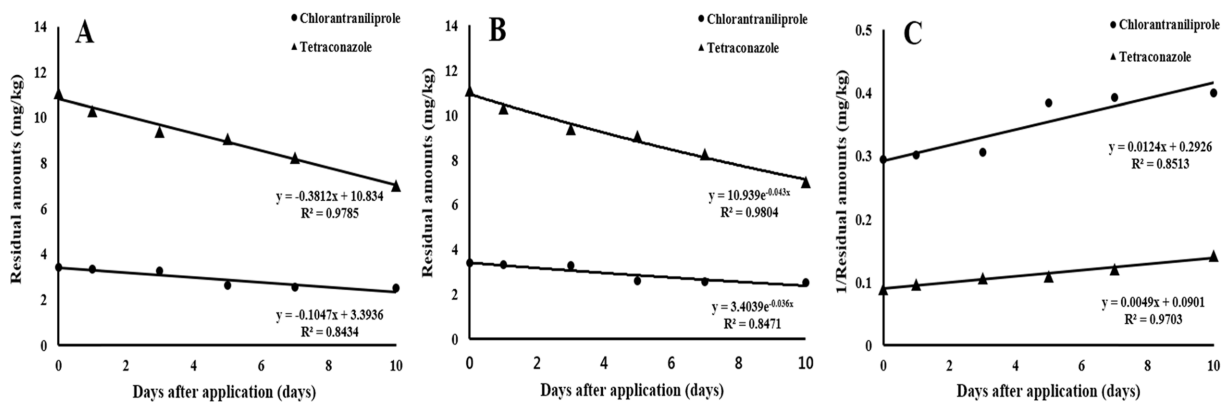


Fig. 3. Dissipation patterns of chlorantraniliprole and tetraconazole in perilla leaves (A: ZO, B: FO, C: SO).

따른 chlorantraniliprole의 잔류양상을 3가지 model 식에 적용해 보았을 때 r^2 는 ZO 0.8434, FO 0.8471 및 SO 0.8513으로 SO의 r^2 가 가장 높아 반감기 산출에 적합할 것으로 판단된다. Tetraconazole의 경우 r^2 가 ZO는 0.9785, FO는 0.9804 및 SO는 0.9703으로 FO의 r^2 가 가장 높아 반감기 산출은 FO를 적용하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

현재 농약이 작물에서 분해되는 것을 예측하기 위해 FO를 주로 사용되고 있으며 FO의 반감기는 초기 농도와 상관없이 감소 상수만 고려하여 반감기를 구할 수 있다(Chen et al., 2012). 더불어 FO에서 감소 상수를 산출하여 수확 시 잔류량이 MRL을 초과하지 않도록 수확 전 일자 별 잔류량을 설정하는 생산단계 잔류허용기준을 설정하고 관리하고 있다(Hwang et al., 2012; Kim et al., 2017). 하지만 농약의 다양한 물리화학적 특성과 작물의 특성으로 일부 농약은 FO가 적합하지 않을 수 있다. Table 5와 같이 들깨잎 중 chlorantraniliprole의 SO를 적용한 반감기는 23.7일이지만 FO는 19.3일로 약 4일 차이 나는 것을 볼 수 있으며, SO의 r^2 가 0.8513으로 FO 및 ZO의 r^2 보다 근소하게 높아 반감기 산출에 더 적합한 것으로 판단된다. 이러한 model식에 따른 반감기의 차이는 생산단계 농약잔류허용기준 설정에서 정확한 출하시기 및 출하일자의 잔류량을 예측하기 어려워 많은 연구가 필요하지만, 각 작물 및 농약마다 반감기를 예측하

는 model식에 대한 연구 및 기초자료가 부족한 실정이다. 따라서 본 결과는 작물 중 농약의 반감기를 다양한 model식으로 산출하여 농약안전성평가에 기초자료로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구는 식품의약품안전처의 2017년 소면적 재배 농산물의 농약 잔류허용기준 설정 연구(과제번호: 00-17-8-033500)의 연구비 지원으로 수행된 결과의 일부이며 이에 깊은 감사드립니다.

Literature Cited

Ahn, C. H., Y. H. Kim, H. S. Eom, G. H. Lee and G. H. Ryu (2014) A study on crop group for pesticide efficacy and crop safety of minor crops. *Kor. J. Pestic. Sci.* 18(4):364-375.
 Chen, L., L. M. S. Guan, Y. N. Wu, L. J. Xu and F. F. Fu (2012) Study on the residue and degradation of fluorine-containing pesticides in Oolong tea by using gas chromatography-mass spectrometry. *J. Food. Control.* 25(2):433-440.
 Chung, H. S., M. H. Kabir, A. M. Abd El-Aty, H. S. Lee, M. M.

- Rahman, B. J. Chang, H. C. Shin and J. H. Shim (2017) Dissipation kinetics and pre-harvest residue limit of pyriofenone in oriental melon (*Cucumis melo* Var. *makuwa*) grown under regulated climatic conditions. *J. Biomed. Chromatogr.* 31(10):e3965.
- Fantke, P., B. W. Gillespie, R. Juraske and O. Jolliet (2014) Estimating half-lives for pesticide dissipation from plants. *J. Environ. Sci. Technol.* 48(15):8588-8602.
- Fantke, P and R. Juraske (2013) Variability of pesticide dissipation half-lives in plants. *J. Environ. Sci. Technol.* 47(8):3548-3562.
- Hwang, J. I., H. Y. Kim, S. H. Lee, S. Y. Kwak, A. R. Zimmerman and J. E. Kim (2018) Improved dissipation kinetic model to estimate permissible pre-harvest residue levels of pesticides in apples. *J. Environ Monit. Assess.* 190(7):438.
- Hwang, K. W., T. W. Kim, J. H. Yoo, B. S. Park and J. K. Moon (2012) Dissipation pattern of amisulbrom in cucumber under greenhouse condition for establishing pre-harvest residue limit. *Kor. J. Pestic. Sci.* 16(4):228-293.
- Jeon, S. H., J. I. Hwang, T. H. Kim, C. H. Kwon, Y. U. Son, D. S. Kim and J. E. Kim (2015) Residual patterns of insecticides bifenthrin and chlorfenapyr in perilla leaf as a minor crop. *Korean Journal of Environmental Agriculture* 34(3):223-229.
- Jin, M. J., H. K. Park, H. R. Jeong, J. W. Lee, S. H. Jo, H. H. Noh, J. Y. Lee, J. S. Kim, C. H. Kwon, J. E. Kim, T. H. Kim and K. S. Kyung (2018) Residual characteristics and safety assessments of the fungicide fenhexamid in some minor crops. *Kor. J. Pestic. Sci.* 22(4):363-369.
- Jin, J., M. M. Rahman, A. Y. Ko, A. M. Abd El-Aty, J. H. Park, S. K. Cho and J. H. Shim (2014) A matrix sensitive gas chromatography method for the analysis of pymetrozine in red pepper: Application to dissipation pattern and PHRL. *J. Food. Chem.* 146:448-454.
- Kim, D. S., K. J. Kim, H. N. Kim, J. Y. Kim and J. H. Hur (2014) Determination of pre-harvest residue limits of pesticides metalaxyl-M and flusilazole in oriental melon. *Kor. J. Pestic. Sci.* 18(1):1-7.
- Kim, J. H., J. I. Hwang, Y. H. Jeon, H. Y. Kim, J. W. Ahn and J. E. Kim (2012) Dissipation patterns of triazole fungicides estimated from kinetic models in apple. *J. Appl. Biol. Chem.* 55(4):235-239.
- Kim, H. G., J. Y. Kim, K. J. Hur, C. H. Kwon and J. H. Hur (2017) Establishment of pre harvest residue limits (PHRL) of flubendiamide and pyriofenone on strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). *Kor. J. Pestic. Sci.* 21(1):62-67.
- Lee, D. Y., D. K. Jeong, G. H. Choi, D. Y. Lee, K. Y. Kang and J. H. Kim (2015) Residual characteristics of bistrifluron and fluopicolide in Korean cabbage for establishing pre-harvest residue limit. *Korean J. Pestic. Sci.* 19(4):361-369.
- Lee, J. H., Y. H. Jeon, K. S. Shin, H. Y. Kim, E. J. Park, T. H. Kim and J. E. Kim (2009) Biological half-lives of fungicides in Korean melon under greenhouse condition. *Korean J. Environ. Agric.* 28(4):419-426.
- Lee, E. Y., H. H. Noh, Y. S. Park, K. W. Kang, J. K. Kim, Y. D. Jin, S. S. Yun, C. W. Jin, S. K. Han and K. S. Kyung (2009) Residual characteristics of etofenprox and methoxyfenozide in Chinese cabbage. *Korean J. Pestic. Sci.* 13(1):13-20.
- Moon, H. R., J. H. Park, J. Y. Yoon, E. S. Na and K. S. Lee (2013) Establishment of Pre-Harvest Residue Limits (PHRLs) of Fungicide Fenarimol and Insecticide Flufenoxuron in Peaches During Cultivation Period. *Korean J. Environ. Agric.* 32(2):136-141.
- Omirou, M., Z. Vryzas, E. P. M, and A. Economou (2009) Dissipation rates of iprodione and thiacloprid during tomato production in greenhouse. *J. Food. Chem.* 116(2):499-504.
- Park, J. H., J. S. Park, A. M. Abd El-Aty, M. M. Rahman, T. W. Na and J. H. Shim (2013) Analysis of imidacloprid and pyrimethanil in shallot (*Allium ascalonicum*) grown under greenhouse conditions using tandem mass spectrometry: establishment of pre-harvest residue limits. *J. Biomed. Chromatogr.* 27(4):451-457.
- Park, D. S., K. Y. Seong, K. I. Choi and J. H. Hur (2005) Field tolerance of pesticides in the strawberry and comparison of biological-lives estimated from kinetic. *Kor. J. Pestic. Sci.* 9(3):231-236.
- Park, H. K., H. H. Noh, J. Y. Lee, H. R. Jeong, J. W. Lee, S. H. Jo and K. S. Kyung (2018) Residual characteristics of dimethomorph and fludioxonil in water dropwort and shallot of minor crop. *Kor. J. Pestic. Sci.* 22(3):192-198.
- Sparks, D. L (2003) *Environmental Soil Chemistry*. Academic Press, Elsevier Science (USA).
- Yang, J. E., D. S. Park and D. S. Han (1995) Comparative assessment of the half-lives of benfuresate and oxolinic acid estimated from kinetic models under field soil conditions. *Korean. J. Environ. Agric.* 14(3):302-311.
- Yun, S. S., S. W. Shim, K. I. Kim, M. S. Ahn, T. H. Youn, Y. J. Kim, H. S. Hwang, C. W. Jin, S. K. Han, S. K. Oh, J. H. Shin, Y. D. Jin, E. Y. Lee and K. S. Kyung (2008) Residual characteristics of lambda-cyhalothrin and deltamethrin in lettuce. *Korean J. Pestic. Sci.* 12(2):148-154.

들깨잎 중 chlorantraniliprole과 tetraconazole 잔류양상의 kinetic model 적용

김효정 · 이상협 · 곽세연 · 김태화¹ · 김장역*

경북대학교 농업생명과학대학 응용생명과학부, ¹분석기술과 미래

요 약 들깨잎에 살충제 chlorantraniliprole과 살균제 tetraconazole을 살포하여 재배한 후 농약의 잔류량과 생물학적 반감기 산출에 적합한 model식을 찾고자 하였다. 들깨잎 중 두 농약 잔류량 분석법은 chlorantraniliprole의 경우 회수율이 97.7-100.2%였고, tetraconazole은 85.6-104.9%로 잔류 농약분석 기준을 만족하였다. 들깨잎 중 두 농약의 잔류량은 chlorantraniliprole의 경우 약 27%, tetraconazole의 경우 약 41% 정도의 농약 분해율을 보였다. Chlorantraniliprole의 반감기 곡선은 $y=3.4039e^{-0.036x}$ 으로 반감기는 19.3일, tetraconazole의 반감기 곡선은 $y=10.9390e^{-0.043x}$ 으로 반감기는 16.1일이었다. Chlorantraniliprole의 경우 first kinetic model보다는 second order kinetic model이 더 적합하였으며 second order kinetic model을 이용하여 반감기를 산출할 경우 23.7일이지만 first kinetic model을 이용해서 산출할 경우 19.3일로 약 4일 가량이 차이나는 것을 볼 수 있다. 이와 같은 결과를 통해서 시간에 따른 농약의 잔류량에 따라 최적의 model을 선정하고 반감기를 산출하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

색인어 Chlorantraniliprole, Tetraconazole, 들깨잎, 반감기, Kinetic models