

Research Article

Open Access

소면적 재배 작물 들깨잎 중 살충제 Bifenthrin과 Chlorfenapyr의 잔류양상

전상오¹, 황정인¹, 김태화², 권찬혁³, 손영욱³, 김동술³, 김장억^{1*}

¹경북대학교 농업생명과학대학 응용생명과학부, ²(주)분석기술과 미래

³식품의약품안전처 식품안전정책국 식품기준과

Residual Patterns of Insecticides Bifenthrin and Chlorfenapyr in Perilla Leaf as a Minor Crop

Sang-Oh Jeon¹, Jeong-In Hwang¹, Tae-Hwa Kim², Chan-Hyeok Kwon³, Yeong-Uk Son³, Dong-Sool Kim³ and Jang-Eok Kim^{1*} (¹School of Applied Biosciences, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea, ²Analysis Technology and Tomorrow, Daegu 41565, Korea, ³Food Standard Division, Food Standard Planning Office, Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju 28159, Korea)

Received: 3 May 2015 / Revised: 22 June 2015 / Accepted: 10 August 2015

Copyright © 2015 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract

BACKGROUND: It is important to understand residual patterns of pesticides applied on crops for ensuring their safety in agricultural products. However, there are few studies on the residual patterns of pesticides in minor crops, which are small in cultivation area. In this study, residual amounts of bifenthrin and chlorfenapyr sprayed on perilla leaf as a minor crop were investigated to know their residual patterns.

METHODS AND RESULTS: Bifenthrin and chlorfenapyr were sprayed 2 or 3 times on perilla leaves at a week interval prior to harvest, and the perilla leaves were collected at 0, 1, 3, 5 and 7 days after the final application of pesticides. Recoveries for residual analysis of pesticides spiked on perilla leaves with concentrations of 0.1 and 0.5 mg/kg were 81.9-104.8%. The residual amounts of pesticides interpreted using first order kinetics model show that dissipation constants of bifenthrin and chlorfenapyr in perilla leaves

were 0.0724-0.0535 and 0.0948-0.0821 day⁻¹, respectively. In addition, the dissipation half-lives in perilla leaves were 9.6-12.9 days for bifenthrin and 7.3-8.4 days for chlorfenapyr. When pre-harvest residue limits (PHRL) of bifenthrin and chlorfenapyr at 10 days before harvest calculated on the basis of the dissipation constants and maximum residue limits of the pesticides were calculated as 17.1 for bifenthrin and 15.9 mg/kg for chlorfenapyr.

CONCLUSION: Therefore, the PHRL calculated using the time-dependant residual patterns of pesticides in perilla leaves and their regression analysis may be used as experimental evidences in order to ensure the safety of pesticides in perilla leaves before harvest.

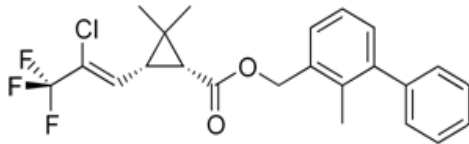
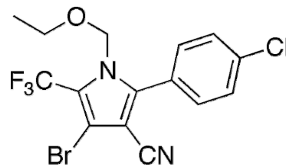
Key words: Bifenthrin, Chlorfenapyr, Half-life, Perilla leaf, Residual pattern

서론

농작물에 사용되는 농약은 그 목적을 달성한 후에도 작물에 잔류하여 안전성 문제를 야기할 수 있다(Jung *et al.*, 2004). 이러한 문제를 해소하고 안전한 농산물을 생산 및 유통하기 위해서 농약의 잔류허용기준(maximum residue

*Corresponding author: Jang-Eok Kim
Phone: +82-53-950-5720; Fax: +82-53-953-7233;
E-mail: jekim@knu.ac.kr

Table 1. Physico-chemical properties of the applied pesticides

Pesticide	Bifenthrin	Chlorfenapyr
Structure		
Chemical name	2-methylbiphenyl-3-ylmethyl (1 <i>RS</i> , 3 <i>RS</i>)-3-[(<i>Z</i>)-2-chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-enyl]-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate	4-Bromo-2-(4-chlorophenyl)-1-ethoxymethyl-5-trifluoromethyl-1 <i>H</i> -pyrrole-3-carbonitrile
Vapor pressure	2.4×10^2 mPa (25°C)	$<1.2 \times 10^2$ mPa (20°C)
Log Pow	6.6	4.83
pKa	no pKa in range 0-14	no pKa in range 0-14
Solubility	In water <1 µg/L. Soluble in acetone, chloroform, dichloromethane, diethyl ether, and toluene. Slightly soluble in heptane and methanol.	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/100 L, 25°C)
Stability	Stable for 2 y at 25°C and 50°C (tech.). In natural daylight, DT ₅₀ 255 d.; stable 21 d at pH 5-9 (21°C).	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)

limits, MRL)을 설정하여 관리하고 있으며, 유통되는 농산물의 안정성 확보를 위하여 정부차원에서 지속적인 모니터링 사업도 수행하고 있다(Kim *et al.*, 2014).

그러나 들깨잎을 포함한 소면적 재배 작물의 경우 등록된 농약이 많지 않아(Lee *et al.*, 2007), 사과 및 배와 같은 주요 작물에 비해 잔류농약에 대한 연구가 미흡하다고 할 수 있다. 특히 국립농산물품질관리원(National Agricultural Products Quality Management Service, NAQS)의 조사 결과에 따르면 잔류농약으로 인한 부적합 건수가 소면적 재배 작물 들깨잎에서 2011년 70건 및 2012년 56건으로 상당히 높았다(NAQS report, 2011; NAQS report, 2012). 또한, Ko 등(2003)과 Lee 등(2007)의 보고에 따르면 2010년 이전부터 잔류농약으로 인한 전체 부적합 농산물 중 들깨잎이 가장 큰 비율을 차지한 것으로 보고되어 왔다(Ko *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2007). 따라서 들깨잎과 같은 소면적 재배 작물의 안전성 확보를 위한 연구들이 많이 진행되어야 할 것으로 생각된다.

살충제 bifenthrin과 chlorfenapyr는 배추, 시금치, 파 및 들깨 등의 엽채류에서 나방류 방제를 위하여 품목이 고시되어 있다(Korea Crop Protection Association, 2014). NAQS의 안전성조사 결과, bifenthrin 및 chlorfenapyr의 부적합율은 각각 0.6~1.6 및 0.2~0.3%로 낮은 수준이었으나 검출횟수는 각각 341~385 및 1,379~1,406건으로 높은 편이었다(NAQS report, 2011; NAQS report, 2012).

작물에 약제가 살포된 후 농약의 초기 부착량 및 재배 기간 동안 작물 중 잔류농약의 반감기(half-life)를 조사하여 잔류양상을 규명하는 것은 최종 생산된 농산물의 안전성을 확보하기 위해 중요한 일이다. 최근까지 농약의 잔류양상을 예측하기 위해 여러 kinetics model들이 적용되어 연구되어 왔으나(Park *et al.*, 2005; Fantke and Juraske, 2013), 일

반적으로 작물 중 농약의 잔류양상은 first order kinetics model을 적용하여 해석하고 있다(Kim *et al.*, 2012). First order kinetics model을 적용하여 재배 과정 동안 작물 중 농약의 잔류량을 예측할 수 있다면 신뢰성 있는 농작물의 안전관리가 가능할 것으로 생각된다.

본 논문은 들깨잎에 대하여 bifenthrin 및 chlorfenapyr를 2회 및 3회 살포한 후 두 농약의 경시적인 잔류양상을 조사하고 first order kinetics model을 적용하여 감소상수 및 반감기를 산출하여 재배기간 중 안전한 농산물을 생산 관리하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

농약 및 시약

Bifenthrin의 표준품은 Dr. Ehrenstorfer GmbH (Augsburg, Germany)사의 순도 95.0%를 구입하였으며, chlorfenapyr의 표준품은 BASF(Ludwigshafen, Germany)사의 순도 99.7%를 분양 받아 사용하였다. 두 농약을 일정한 농도로 acetone에 희석하여 working solution으로 제조한 후 사용하였으며 두 농약의 물리화학적 성질은 Table 1과 같다. 농약제품은 bifenthrin의 경우 유효성분 함량 1% 유제(타스타, (주)영일케미컬)를 사용하였고 chlorfenapyr의 경우 유효성분 함량 10% 액상수화제(썩큐어, (주)동부팜한농)를 사용하였다. 잔류농약분석에 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. Florisil은 Sigma-Aldrich Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)제품을 사용하였다.

시험 포장 및 약제살포

시험 포장은 경상북도 경산시 하양읍 청천리에 위치한 시설재배 하우스를 임대하였으며, 재래종 들깨잎을 시험에 이용하였다. 처리구는 2.5 m×3.0 m, 완충거리 0.5 m를 한 처리구로 하였으며 재식밀도는 20 cm×20 cm였다. 포장 시험 기간은 2014년 9월 5일부터 2014년 9월 26일까지 진행되었으며, 들깨잎의 재배는 농가의 관행적인 방법에 따라 실시하였다. 재배기간 중 관개수는 비닐하우스 상부에 설치된 스프링쿨러를 이용하여 7일에 한 번씩 가로 5.0 m×세로 5.0 m의 재배면적 당 약 1.5 L/min의 물을 20분간 급수하였으며, 시험기간 중 포장의 온도와 습도는 각각 평균 24.8±2.6°C 및 67.3±6.6%로 유지하였다. 약제살포는 bifenthrin은 1,000배, chlorfenapyr는 2,000배 희석하여 배부식 분무기를 사용하여 20 psi의 압력으로 분당 1,500 mL로 살포하였다. 살포 시기 및 횟수는 7일 간격으로 2회 및 3회 처리하였으며, 들깨잎 시료는 최종 약제 살포 2시간 후 수확한 0일차를 포함하여 일주일간 0, 1, 3, 5 및 7일차에 수확하였다. 채취된 시료는 즉시 실험실로 운반하여 개별 무게를 측정하였다. 채취된 시료는 균질화 한 후 잔류농약 분석 직전까지 -20°C의 냉동고에 보관하였다.

들깨잎 중 잔류농약분석

들깨잎 중 bifenthrin 및 chlorfenapyr의 잔류농약분석 방법은 식품공전 잔류농약 분석법을 참조 및 변형하여 적용하였다(MFDS Report, 2013). 들깨잎 시료 10 g에 일정량의 acetone을 첨가하고 homogenizer에서 3분간 12,000 rpm으로 추출하여 추출물을 Celite 545에 통과시켜 여과한 후 1.0 L 분액여두에 옮기고 50 mL 포화식염수와 450 mL 증류수를 가하여 dichloromethane 50 mL로 2회 분배 추출하였다. 추출액을 anhydrous sodium sulfate에 통과시켜 탈수하고 40°C 수욕상에서 감압농축한 후 농축물을 일정량의 hexane에 재용해하여 정제과정에 사용하였다. 시험에 사용된 Florisil은 잔류농약분석시험 하루 전 200°C의 oven에서 활성화하여 사용하였다. Glass column (16 mm I.D.×40 cm, PTFE 부착)에 10 g의 Florisil과 일정량의 무수 sodium sulfate를 차례로 습식 충전한 후 column 상부에 hexane으로 재용해한 시료액을 부하하고 50 mL의 hexane으로 1차 용출시켜 흘려버린 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 GC-ECD(Shimadzu GC-2010, Japan)에 주입하여 나타난 chromatogram상의 peak area를 표준검량선과 비교하여 잔류량을 산출하였다. 회수율 시험은 bifenthrin 및 chlorfenapyr를 들깨잎 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.

GC-ECD의 컬럼은 DB-5 capillary column[30 mL.×0.25 mm I.D., 0.25 µm film thickness(J&W Scientific,

USA)]를 사용하였고 온도조건은 column oven은 bifenthrin 분석 시 120°C에서 2분간 유지한 다음 분당 8°C의 비율로 280°C까지 가온한 뒤 8분간 유지하였고, chlorfenapyr는 150°C에서 2분간 유지한 다음 분당 10°C의 비율로 280°C까지 가온한 뒤 5분간 유지하였으며, injector의 경우 260°C, detector의 경우 300°C였다. 이동상 가스(N₂) 및 makeup gas(N₂/Air)는 각각 분당 1 및 30 mL의 유속으로 흘러주었으며, 최종 시료 용액은 1.0 µL를 split mode(split ratio 1:50)로 주입하여 분석하였다.

정량분석을 위한 bifenthrin 및 chlorfenapyr의 표준검량선은 각 농약의 표준품을 acetone으로 희석하여 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0 및 5.0 mg/L의 working solution을 조제하여 각각 1.0 µL씩 GC-ECD에 주입하여 나타난 chromatogram 상의 peak 면적을 이용하여 작성하였다.

감소상수 및 반감기 산출

들깨잎 중 bifenthrin 및 chlorfenapyr의 반감기(T)는 first order kinetics model을 적용하여 아래의 식에 따라 산출하였다.

$$C_t = C_0 \times e^{-kt}$$

$$\frac{1}{2} C_0 = C_0 \times e^{-kt}$$

$$T = \frac{\ln(0.5)}{-k}$$

위 식에서 C_0 는 농약의 초기 잔류량(mg/kg), t 는 경과일자, k 는 감소상수를 나타내며 C_t 는 t 시간 경과 후 농약의 잔류량(mg/kg)을 나타낸다.

출하 전 농약 잔류허용기준

출하 전 농약 잔류허용기준(pre-harvest residue limit, PHRL)은 작물 수확 시 잔류농약이 잔류허용기준을 초과하지 않도록 수확 전 재배 과정에서 농약 잔류량을 예측한 값으로(Kim *et al.*, 2013) 앞선 반감기식에서 산출된 k 값을 아래의 식에 대입하여 산출하였다.

$$M_d = M_h \times e^{kd}$$

위 식에서 M_d 는 출하 d 일전 농약잔류허용기준(mg/kg), M_h 는 출하일의 잔류허용기준으로 농약의 MRL 값(mg/kg), k 는 감소상수, d 는 출하일 전 일자(day)를 의미한다.

결과 및 고찰

회수율시험

시험농약의 정량분석을 위한 bifenthrin 및 chlorfenapyr의 표준검량선은 상관계수(r^2) 값이 0.999 이상으로 양호하게 나타났다. 상기의 기기 분석 조건하에서 bifenthrin과

Table 2. Recoveries and limits of detection for residual analysis of bifenthrin and chlorfenapyr in perilla leaves

Sample	Pesticide	Fortification level (mg/kg)	Recovery (%)				MDA ^{b)} (ng)	LOD ^{c)} (mg/kg)
			1	2	3	Mean±SD ^{a)}		
Perilla leaves	Bifenthrin	0.1	104.8	99.2	100.8	101.6±2.9	0.05	0.01
		0.5	81.9	83.2	82.2	82.4±0.7		
	Chlorfenapyr	0.1	92.3	94.4	89.9	92.2±2.2		
		0.5	87.7	86.7	85.6	86.7±1.1		

^{a)}Mean of triplication with standard deviation; ^{b)}MDA, Minimum detectable amount;

^{c)}LOD, Limit of detection

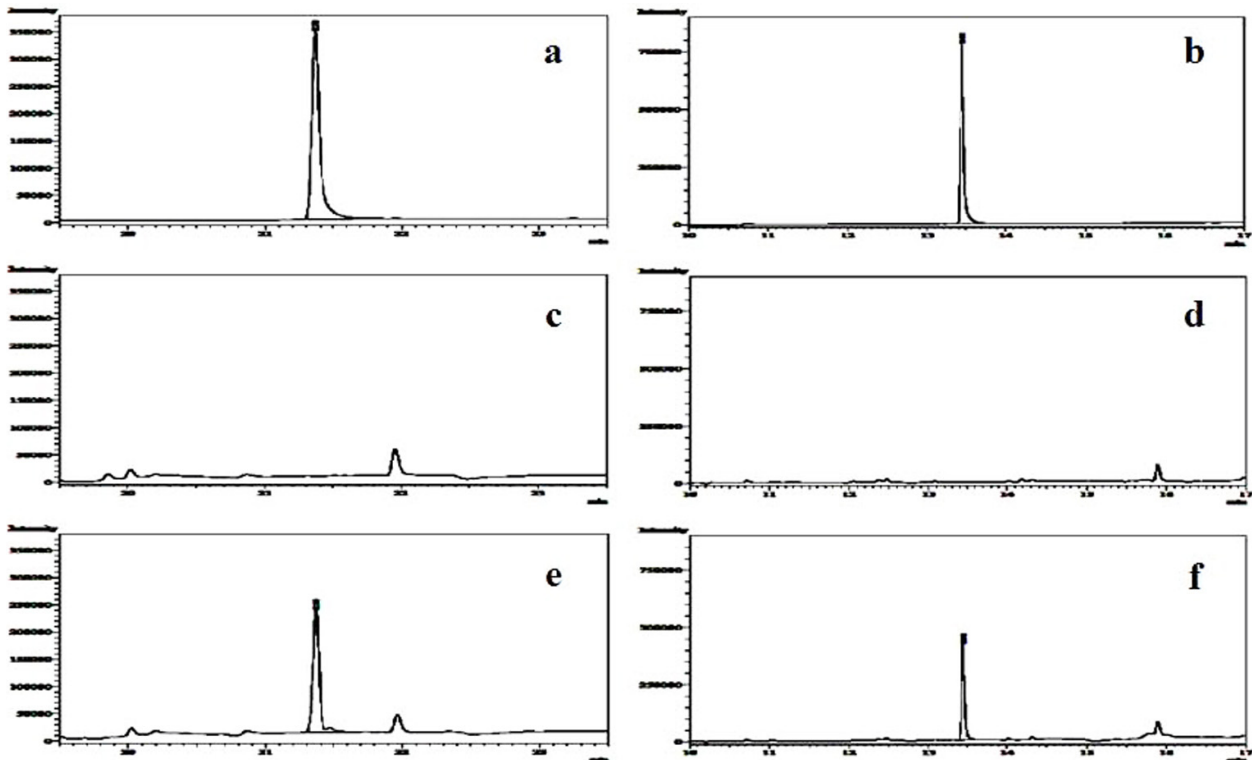


Fig. 1. Chromatograms of bifenthrin and chlorfenapyr in perilla leaves analyzed using GC-ECD (a - 5.0 mg/L of bifenthrin standard; b - 5.0 mg/L of chlorfenapyr standard; c - perilla leaves control during bifenthrin analysis; d - perilla leaves control during chlorfenapyr analysis; e - perilla leaves spiked with bifenthrin at 0.5 mg/kg; f - perilla leaves spiked with chlorfenapyr at 0.5 mg/kg).

chlorfenapyr의 retention time은 각각 21.4 및 13.5 min 였다.

들깨잎 중 bifenthrin 및 chlorfenapyr의 회수율시험 결과는 Table 2와 같다. 들깨잎 중 bifenthrin의 회수율은 81.9-104.8%, chlorfenapyr의 회수율은 85.6-94.4%로 나타났으며 변이계수는 2.9% 이하로 나타나 잔류농약분석법 기준인 회수율 범위 70-120%와 변이계수 10% 이내를 만족하였다. 두 농약의 검출한계는 모두 0.01 mg/kg이었으며 GC-ECD 크로마토그램 상에 시료의 간섭 피크는 존재하지 않았다(Fig. 1).

재배기간 중 잔류량의 변화

최종 약제 살포 후 일주일간 채취한 들깨잎의 무게는 최저 1.11±0.15 g에서 최고 1.36±0.19 g 사이로(Fig. 2), 들깨잎 시료는 일자별로 균일하게 채취하였다. 들깨잎 중 bifenthrin 및 chlorfenapyr의 잔류량을 조사한 결과는 Table 3에 나타내었다. Bifenthrin의 초기 잔류량은 2회 및 3회 처리구에서 각각 0.43 및 0.55 mg/kg으로 나타났으며, 일주일 경과 후 잔류량이 0.27 및 0.38 mg/kg으로 나타나 초기 잔류량의 30.9-37.2%가 소실되었다. 반면에 chlorfenapyr의 경우 초기 잔류량은 2회 처리구에서 9.02 mg/kg, 3회 처리구에서 9.26 mg/kg으로 나타났으며 수확일 시료에서 40.1-45.0%

감소하여 4.96 및 5.55 mg/kg으로 잔류하였다.

이론적으로는 동일 조건에서 농약의 살포 횟수를 달리하면 감소상수 k 는 동일할 수 있지만 초기 잔류량은 농도에 따라 차이를 보이게 된다. 계산식에 의해 구한 감소상수 k 가 0.05-0.10 day⁻¹의 범위이면 농약을 2회 및 3회 처리할 시 1회 처리했을 때의 초기 잔류량보다 2회 처리시에는 49.7-70.5%, 그리고 3회 처리시에는 74.3-120.1%의 비율로 증가되어 나타나야 한다. 본 실험의 결과와 비교한 결과 들깻잎 중 bifenthrin 및 chlorfenapyr의 2회 및 3회 처리구에서 초기 잔류량의 차이는 이 범주 안에 포함되었다.

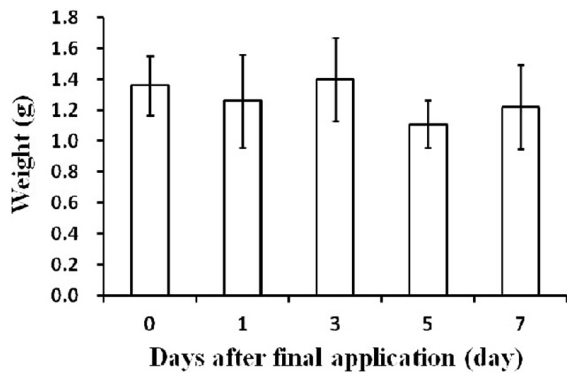


Fig. 2. Weights of perilla leaves collected at sampling time after final application.

이 결과를 바탕으로 작성한 들깻잎 중 bifenthrin 및 chlorfenapyr의 소실곡선을 Fig. 3에 나타내었다. Bifenthrin의 회귀방정식은 2회 및 3회 처리구에서 각각 $y=0.4177e^{-0.0724x}$ ($R^2=0.9345$) 및 $y=0.5522e^{-0.0535x}$ ($R^2=0.9569$)로 나타났으며, chlorfenapyr의 회귀방정식은 각 처리구에서 $y=9.4124e^{-0.0948x}$ ($R^2=0.9440$) 및 $y=10.1052e^{-0.0821x}$ ($R^2=0.9292$)로 나타났다.

들깻잎 중 bifenthrin 및 chlorfenapyr의 잔류량 감소 요인은 두 농약의 증기압이 각각 2.4×10^{-2} mPa 및 1.2×10^{-2} mPa로 낮은 편이며, Log K_{ow}값도 bifenthrin은 6.0 이상이며 chlorfenapyr의 경우 4.8로 극성이 비교적 낮아서 (Macbean, 2012), 휘산 및 강우식 관수에 의해 소실될 가능성보다 다른 요인이 더 크게 작용할 것으로 생각된다. 이전 연구에 따르면 들깻잎과 같이 단기간에 성장이 빠른 작물의 경우 작물 중 농약의 반감기는 작물의 비대성장이 가장 큰 요인으로 보고되고 있으며(Lee et al., 2008; Marín et al., 2003), 본 연구 결과 또한 경시적인 농약의 잔류량 감소는 들깻잎의 비대성장이 주요인으로 작용한 것으로 사료된다.

산출된 방정식으로부터 들깻잎 중 bifenthrin의 반감기를 산출한 결과 2회 처리구에서 9.6일, 3회 처리구에서 12.9일로 나타났다. Ko 등(2003)의 연구에 따르면 들깻잎 중 bifenthrin의 반감기는 2.2-4.8일로 보고되어 본 연구 결과보다 짧았으나(Ko et al., 2003), 이러한 작물 중 농약의 잔류량은 시험에 사용된 농약의 제형, 약제 살포 방법 및 재배 조건 등에 따라 다를 수 있으므로(Kim et al., 1997; Son et al.,

Table 3. Residual amounts of bifenthrin and chlorfenapyr in perilla leaves after final application

Pesticides	Number of application	Residual amounts (mg/kg) ^{a)}				
		Days after final application (day)				
		0	1	3	5	7
Bifenthrin	2	0.43±0.01	0.40±0.00	0.31±0.00	0.28±0.00	0.27±0.01
	3	0.55±0.00	0.51±0.01	0.50±0.00	0.42±0.00	0.38±0.01
Chlorfenapyr	2	9.02±0.27	8.76±0.16	7.70±0.15	5.37±0.20	4.96±0.05
	3	9.26±0.21	9.92±0.06	8.44±0.10	6.59±0.15	5.55±0.28

^{a)}Mean of triplication with standard deviation

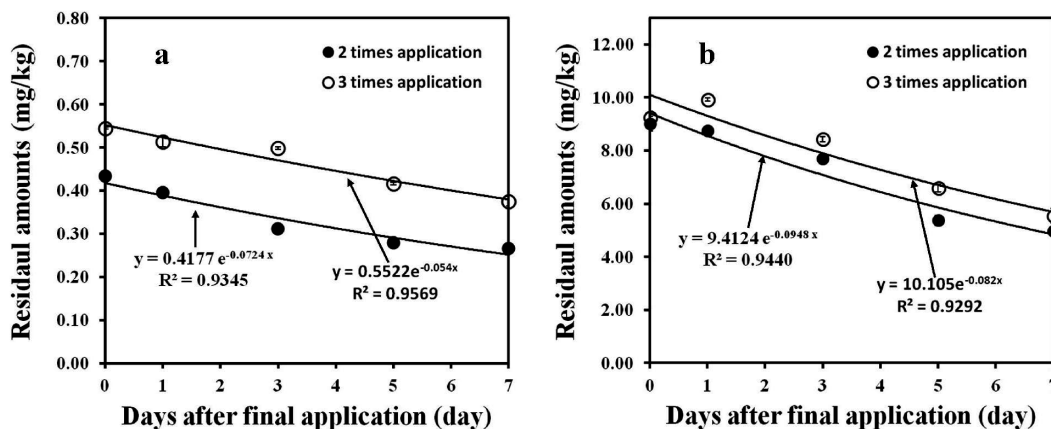


Fig. 3. Dissipation curves of bifenthrin (a) and chlorfenapyr (b) on perilla leaves after final application of pesticides.

Table 4. Pre-harvest residue limits of bifenthrin and chlorfenapyr in perilla leaves

Pesticides	PHRL ^{a)} (mg/kg)											Dissipation constants ^{b)} (day ⁻¹)
	Days prior to harvest (day)											
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
Bifenthrin	17.1	16.2	15.3	14.5	13.8	13.1	12.4	11.7	11.1	10.5	10.0 ^{c)}	0.0535
Chlorfenapyr	15.9	14.7	13.5	12.4	11.5	10.6	9.7	9.0	8.2	7.6	7.0 ^{d)}	0.0821

^{a)}PHRL, Pre-harvest residue limit; ^{b)}Dissipation constant of three times application;

^{c)}Maximum residue limits of bifenthrin; ^{d)}Maximum residue limits of chlorfenapyr

2012), 통상적인 포장 시험에서 나타날 수 있는 차이로 보인다. 반면에 들깨잎 중 chlorfenapyr의 반감기는 2회 및 3회 처리구에서 7.3일 및 8.4일로 나타났다.

엽채류 중 bifenthrin과 chlorfenapyr의 잔류양상 연구에서 Park 등(2012)은 쪽파와 부추에 대해 bifenthrin 및 chlorfenapyr의 반감기를 조사한 결과 bifenthrin은 3.8-11.5일, chlorfenapyr는 6.6-13.4일로 나타났다고 보고하였으며(Park et al., 2012), Cho 등(2011)은 파프리카 잎 중 chlorfenapyr의 반감기를 8.0일로 보고하였다(Cho et al., 2011). 이러한 잔류양상은 「생산단계 농약 잔류허용기준 설정 및 합리적 운영방안 연구」 보고서에서 작물군 별 농약의 감소상수의 변이율을 조사한 결과 엽채류에서 평균 46% 정도로 산출되어 본 연구결과와 비교하였을 때 일반적인 실험적 변이로 보이며, 이전 연구에서 엽채류 중 bifenthrin 및 chlorfenapyr의 감소상수는 각각 0.0439-0.2395 및 0.0598-0.1778 day⁻¹의 범위로 조사되어 본 연구결과와 bifenthrin 및 chlorfenapyr의 감소상수 0.0535-0.0724 및 0.0821-0.0948 day⁻¹와 유사하였다(MFDS, 2014).

Pre-harvest Residue Limit (PHRL) 산출

우리나라에서 들깨잎 중 bifenthrin 및 chlorfenapyr의 잔류허용기준은 각각 10.0 및 7.0 mg/kg으로 설정되어 있다(MFDS report, 2012). 본 연구 결과에 따르면 들깨잎 중 bifenthrin의 최대 잔류량은 2회 및 3회 처리구 전체에서 잔류허용기준 이하로 나타났다. 반면에, chlorfenapyr의 경우 초기 잔류량이 각 처리구에서 9.02 및 9.92 mg/kg으로 나타나 잔류허용기준을 초과하였으나 시간의 경과에 따라 잔류량은 감소하여 최종 약제 살포 5일 후 2회 처리구에서 5.37 mg/kg, 3회 처리구에서 6.59 mg/kg으로 잔류허용기준 미만으로 나타났다.

두 농약의 2회 및 3회 처리구의 감소상수 중 낮은 감소상수를 이용하여 산출한 PHRL은 Table 4와 같으며, 이에 따르면 수확 10일 전 들깨잎 중 bifenthrin 및 chlorfenapyr의 잔류량이 각각 17.1 및 15.9 mg/kg으로 잔류할 경우 수확에 정일에 두 농약의 잔류허용기준 이하로 잔류할 것으로 예상할 수 있다. 이러한 PHRL 산출 방법은 들깨잎과 같은 연속 수확 소면적 재배 작물의 안전성 확보를 위한 유용한 기준설정 방법으로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

요약

소면적 재배 작물 중 연속수확작물인 높은 들깨잎의 안전성 확보를 위하여 들깨잎 중 bifenthrin 및 chlorfenapyr의 잔류양상을 연구하였다. 확립된 분석법을 이용하여 회수율시험을 실시한 결과 bifenthrin 및 chlorfenapyr의 회수율은 81.9~104.8% 범위로 만족할만하였다. 들깨잎의 생육 기간 중 bifenthrin과 chlorfenapyr의 잔류량 변화는 first order kinetics model을 적용하여 해석하였으며 이 식으로부터 산출된 감소상수는 bifenthrin에서 0.0724-0.0535 day⁻¹, chlorfenapyr에서 0.0948-0.0821 day⁻¹로 나타났다. 두 농약의 들깨잎 중 반감기는 bifenthrin의 경우 9.6-12.9일이었으며, chlorfenapyr는 7.3-8.4일이었다. 산출된 두 농약의 감소상수를 이용하여 pre-harvest residue limit(PHRL)을 산출한 결과 수확 10일전 들깨잎 중 bifenthrin 및 chlorfenapyr의 잔류량이 각각 17.1 및 15.9 mg/kg일 경우 수확일에는 두 농약의 잔류허용기준인 7.0 및 10.0 mg/kg 이하로 잔류하여 안전할 것으로 예상되었다.

Acknowledgement

This research was supported by a grant (00-14-4-009902) from Ministry of Food and Drug Safety for 2014.

References

- Fantke, P., & Juraske, R. (2013). Variability of pesticide dissipation half-lives in plants. *Environmental Science & Technology*, 47(8), 3548-3562.
- Jung, Y. H., Kim, J. E., Kim, J. H., Lee, Y. D., Im, C. H., & Huh, J. Y. (2004). *New Pesticides*, pp. 341-361, Sigma Press Inc., Korea.
- Kim, J. B., Song, B. H., Chun, J. C., Im, G. J., & Im, Y. B. (1997). Effect of sprayable formulations on pesticide adhesion and persistence in several crops. *The Korean Journal of Pesticide Science*, 1(1), 35-40.
- Kim, J. H., Hwang, J. I., Jeon, Y. H., Kim, H. Y., Ahn, J. W., & Kim, J. E. (2012). Dissipation patterns of triazole

- fungicides estimated from kinetic models in apple. *Journal of Applied Biological Chemistry*, 55(4), 235-239.
- Kim, J. Y., Lee, S. M., Lee, H. J., Chang, M. I., Kang, N. S., Kim, N. S., Kim, H. J., Cho, Y. J., Jeong, J. Y., Kim, M. K., & Rhee, G. S. (2014). Monitoring and risk assessment of pesticide residues for circulated agricultural commodities in Korea-2013, *Journal of Applied Biological Chemistry*, 57(3), 235-242.
- Kim, K. J., Kim, D. S., Heo, S. J., Ham, H. J., & Hur, J. H. (2013). Establishment or pre-harvest residue limit (PHRL) of emamectin benzoate during cultivation of amaranth, *The Korean Journal of Pesticide Science*, 17(2), 77-83.
- Ko, K. Y., Lee, Y. J., Won, D. J., Park, H. J., & Lee, K. S. (2003). Residual pattern of procymidone and bifenthrin in perilla leaf during the period of cultivation and storage. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 22(1), 47-52.
- Lee, J. H., Park, H. W., Keum, Y. S., Kwon, C. H., Lee, Y. D., & Kim, J. H. (2008). Dissipation pattern of boscalid in cucumber under greenhouse condition. *The Korean Journal of Pesticide Science*, 12(1), 67-73.
- Lee, M. H., Kim, S. H., Park, Y. G., Jo, G. Y., Shin, B. G., Kim, J. H., Kwon, C. H., Sohn, J. K., & Kim, J. E. (2007). Residual pattern of pesticide, chlorfluazuron in perilla leaves under plastic house. *The Korean Journal of Pesticide Science*, 11(2), 106-116.
- Macbean, C. (2012). *The pesticide manual*, pp. 105-177, 16th ed., British Crop Production Council, Alton, Hampshire, UK.
- Marín, A., Oliva, J., Garcia, C., Navarro, S., & Barba, A. (2003). Dissipation rates of cyprodinil and fludioxonil in lettuce and table grape in the field and under cold storage conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(16), 4708-4711.
- Park, D. S., Seong, K. Y., Choi, K. I., & Hur, J. H. (2005). Field tolerance of pesticides in the strawberry and comparison of biological half-lives estimated from kinetic models. *The Korean Journal of Pesticide Science*, 9(3), 231-236.
- Park, J. W., Son, K., Kim, T. H., Chae, S., Sim, J. R., Bae, B. J., Lee, H. K., Im, G. J., Kim, J. B., & Kim, J. E. (2012). Comparison of the residue property of insecticide bifenthrin and chlorfenapyr in green onion and scallion under greenhouse condition. *The Korean Journal of Pesticide Science*, 16(4), 294-301.
- Son, K., Kang, T. K., Park, B. J., Kim, T. K., Gil, G. H., Kim, C. S., Kim, J. B., Im, G. J., & Lee, K. W. (2012). Effect of field location and spray device on pesticide residue in chilli peppers. *The Korean Journal of Pesticide Science*, 16(3), 230-235.