

Research Article



CrossMark

Open Access

쑥갓 및 참나물 중 Lufenuron의 생산단계 잔류허용기준 설정을 위한 잔류 특성 연구

오아연, 반선우, 장희라*

호서대학교 생명보건대학 식품제약공학부

Residual Characteristics of Lufenuron in Crown Daisy and Chamnamul for Establishing Pre-Harvest Residue Limit

A-Yeon Oh, Sun-Woo Ban and Hee-Ra Chang* (Department of Food & Pharmaceutical Engineering, College of Life & Health Sciences, Graduate School of Hoseo University, Asan 31499, Korea)

Received: 15 March 2023/ Revised: 22 March 2023/ Accepted: 23 March 2023

Copyright © 2023 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.

ORCID

A-Yeon Oh

<https://orcid.org/0000-0006-8677-7540>

Sun-Woo Ban

<https://orcid.org/0000-0002-1423-5893>

Hee-Ra Chang

<https://orcid.org/0000-0002-0307-7703>

Abstract

Pre-harvest residue limits (PHRLs) have been proposed as criteria for a proactive role to exceed the maximum residue limit (MRL) of pesticides in agricultural products at harvest. However, PHRL numbers are significantly less than those of established MRLs. This study was performed to determine the dissipation constants and residual concentrations of lufenuron after application on crown daisy and chamnamul under green house conditions. Two residue field trials for each crown daisy and chamnamul were selected to consider a different geographical site at least 20 km far from one another. The pesticide was treated according to critical GAP. After samples were sprayed with lufenuron, they were collected at 0, 1, 3, 5, 7, 10, and 14 days and analyzed using HPLC-DAD. The mean recoveries of crown daisy and chamnamul were within the range of 70-120% with below 20% coefficient variation, which is within the acceptable limits specified by the manual of pre-harvest residue study for pesticides (MFDS, 2014). The biological half-lives in field I and field II were 7.0 and 4.6 days for crown daisy and 2.7 and 2.8 days for chamna-

mul, respectively. The lower bounds of 95% confidence intervals of dissipation rate constants of lufenuron in crown daisy were determined to be 0.0692 and 0.1298 for field I and field II, respectively, and in chamnamul were 0.2067 for both field I and field II. After applying lufenuron 5% EC, the lufenuron residues on crown daisy and chamnamul at the pre-harvest intervals (14 days for crown daisy and 7 days for chamnamul) were below the safe levels. The dissipation rates of lufenuron in crown daisy and chamnamul were evaluated for similarities with leafy vegetables based on a 95% confidence interval.

Key words: Chamnamul, Crown daisy, Dissipation, Lufenuron, Residues

서론

국내 농산물의 유통단계에서 농약 안전관리는 농약잔류량 검사를 통해 잔류허용기준(Maximum Residue Limit, MRL)이 초과된 부적합 농산물은 폐기, 용도전환 및 출하연기 등으로 소비자에게 유통되지 않도록 관리하고 있으며, 이러한 과정에서 생산자인 농가에는 경제적 손실이 발생하게 되고, 일부 회수되지 않는 부적합 농산물이 소비자에게 유통될 수 있다. 식품의약품안전처에서 농약 안전관리 방안으로 부적합 농산물

* Corresponding author: Hee-Ra Chang
Phone: +82-41-540-9696; Fax: +82-41-540-9696;
E-mail: hrchang@hoseo.edu

이 소비자에게 유통되는 것을 사전에 예방하고자 생산단계 농약잔류허용기준(Pre-Harvest Residue Limit, PHRL)을 설정하여 관리하고 있으며, 생산단계 농산물을 대상으로 안전성 검사를 실시하여 PHRL을 초과하면 유통단계에서 부적합 가능성이 있으므로 출하연기 및 용도전환 등의 행정조치를 통하여 잔류농약 초과 우려 농산물을 사전에 차단함으로써 안전한 농산물이 유통될 수 있도록 관리하고 있다[1-3]. 현재 생산단계 농산물의 안전관리를 위한 PHRL은 138종 농약에 대하여 총 1,241개가 설정되어 있어, 유통단계 안전관리 기준인 MRL 12,743개 대비 9.7% 수준으로 부족하여, 유통단계에서 부적합 빈도가 높은 농산물 및 농약의 우선순위에 의한 기준설정이 필요하다. 2021년도 12월에 광주시 보건환경연구원에서 실시한 농산물 잔류농약 검사실적에서 MRL을 초과한 부적합 농산물 중 엽채류가 1순위였으며, 엽채류 중 썩갯 10건으로 1위, 아욱 7건 2위, 참나물 6건으로 3위였다(KIEH, 2021). lufenuron은 benzylphenylurea 계열의 살충제로서 썩갯 및 참나물에 등록되어, 곤충의 외부구조인 키틴의 합성을 저해하는 작용기작으로 각각 파방나방 및 담배겨세미나방 방제를 목적으로 사용되고 있으며[4], 2019년 식품의약품안전처의 식품안전관리지침에서 썩갯 및 참나물에서 lufenuron의 부적합이 발생한 사례가 있어(MFDS, 2019), 생산단계에서 lufenuron의 잔류량이 MRL을 초과하지 않도록 관리하기 위한 기준설정에 요구되는 관련 연구가 필요하다.

본 연구는 유통단계 농산물 중 부적합 검출빈도가 높은 썩갯 및 참나물에 대한 생산단계에서의 lufenuron의 일자별 잔류량을 확인하고, 회귀분석을 수행하여 감소상수를 산출하여, 생산단계 농산물의 안전관리체계 마련을 위한 기초자료로서 활용하고자 한다.

재료 및 방법

시험약제 및 시약

시험농약 lufenuron은 썩갯 및 참나물에 등록된 농약제품 중 함량이 높은 5% 유제(파밤탄, (주)농협케미컬)를 사용하였고, 잔류분석시험에서 표준용액 조제 및 분석을 위해 사용한 lufenuron(순도: 98.9%) 표준품은 Dr. Ehrenstorfer GmbH (Augsbug, Germany)에서 구입하였다. 유기용매인 acetonitrile, dichloromethane, n-hexane 및 water는 J.T.Baker (HPLC grade, USA)를 사용하였고, sodium sulfate 및 sodium chloride 시약은 Junsei chemical(guaranteed reagent grade,

Tokyo, Japan), 정제를 위한 solid phase extraction(SPE) cartridge(NH₂ 1 g)는 Agilent Technologies(Santa Clara, CA, USA) 제품을 구입하여 사용하였다.

시험포장 및 농약살포

썩갯(품종: 중엽) 및 참나물(품종: 칸토미즈바)의 시험포장 재배조건은 시설재배로 하여, 각각 2개의 다른 지역을 선정하였다. 썩갯은 청주(포장1), 평택(포장2), 참나물은 평택(포장1) 보령(포장2)으로, 생산단계 잔류시험 가이드라인을 근거로 하여 지리적 차이를 반영하기 위하여 위도를 기준으로 20 km 이상 차이를 두었다. 시험포장 설계는 처리구당 3반복 및 무처리구 1반복으로 구성하여, 각각의 처리구당 면적은 10 m² 이상으로 설정하였다. 농약잔류량 감소시험을 위한 썩갯 및 참나물의 시설재배의 시험기간은 3~4월로 하여, 재배가능 기간 중 온도가 낮아 농약잔류량 감소추이의 worst case를 반영할 수 있도록 수행하였다. 시험농약의 처리는 농약사용지침서의 안전사용기준에 따라 조제한 후, 시간당 살포량에 대한 점검을 수행한 소형 엔진 배부식 분무기 ((주)퍼펙트 엘, EL969-1)를 사용하여 7일 간격으로 2회 처리하였다(Table 1). 잔류성시험 시료채취는 최종약제 살포 후 수확일을 포함하여 약제처리 후 2시간 이내에 0일차 수확 후 1, 3, 5, 7, 10 및 14일차로 총 7회 채취하였으며, 출하시기에 적합한 시료를 선정하여 각 시험구의 반복당 1 kg 이상 채취한 후, 라벨로 표기한 polyethylene bag에 넣어, 24시간 이내에 실험실로 운반하였다.

포장시료 전처리

포장에서 채취한 시료는 실험실에서 변질된 잎을 제거하였고, 시료 전처리를 위하여 -70°C 이하 조건인 deep freezer에서 48시간 이상 보관한 후, homogenizer로 균질화하였다. 균질화한 시료는 분석용 시료 및 보관용 시료로 구분하여, 잔류분석 수행전까지 냉동보관(-20°C 이하)하였으며, 동시에 시료 중 lufenuron의 저장안정성 확인을 위하여 무처리구 분석 시료에 lufenuron을 1.0 mg/kg 수준으로 3반복으로 처리하여 처리구의 분석시료와 동일한 조건으로 냉동보관(-20°C 이하)하였다.

분석법 확립 및 시료분석

썩갯 및 참나물 중 lufenuron 분석법 정량한계(Limit of Quantitation, LOQ)는 표준용액을 이용하여, 기기분석 크로마토그램에서 Signal to noise ratio(S/N)가 10 이상을 만족

Table 1. The critical good agricultural practice (GAP) of lufenuron on crown daisy and chamnamul

Crop	Formulation	Active ingredient (%)	Dilution	PHI ^{b)} (day)	Application No.	MRL ^{d)} (mg/kg)
Crown daisy	Emulsifiable concentrate	5	1,000	14	2	5
Chamnamul	Emulsifiable concentrate	5	2,000	7	2	7

b)PHI: Pre-harvest interval, d)MRL: Maximum residue limit

하는 기기상의 정량한계 농도를 확인한 후, 회수율시험과 동일한 분석전처리 과정을 거쳐 분석법 정량한계를 확인하였으며, 시료량, 희석배수 및 최종부피를 적용하여 정량한계를 산출하였다. 분석법 확립을 위한 표준용액 검량선의 직선성은 5개 이상의 표준용액 농도를 적용하여 산출하였고, 싹갓은 표준용액의 농도가 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2 및 5 mg/L였으며, 참나물은 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5 및 10 mg/L에서 직선성을 확인하였다. 싹갓 및 참나물에서 lufenuron 회수율 시험은 정량한계, 정량한계 10배 수준에서 3반복 수행하여 정밀성과 정확성을 확인하였다. 분석방법은 분석시료(싹갓 20 g, 참나물 10 g)에 acetonitrile 100mL를 가하여 250 rpm에서 20분 교반하여 추출하였다. 시료추출물은 여과지(Whatman Grade 6, 110 mm)를 이용하여 bucher funnel로 감압 여과하고 50 ml acetonitrile을 이용하여 용기 및 잔사를 세척하여 앞의 여액과 합하였다. 액액분배를 위하여 여과액을 1,000 mL 포화 NaCl 용액 50 mL, 증류수 450 mL가 담긴 분액여두에 옮겨 넣고, n-hexane 100 mL 첨가 후 진탕기로 10분간 격렬하게 진탕하여 분배한 후, n-hexane층을 sodium sulfate에 통과시켜 탈수시키고 남은 수용액 층에 n-hexane 50 mL을 가하여 분배과정을 반복하여 얻은 총 n-hexane 분배액은 vacuum evaporator를 이용하여 감압 농축하였다. 농축 후 건고물을 dichloromethane로 재용해(싹갓 2 mL, 참나물 10 mL)하여, NH₂ Solid Phase Extraction cartridge(SPE, 1 g, 6 mL) 사용하여 정제하였다. 정제과정은 dichloromethane 5 mL과 n-hexane 5 mL로 차례로 넣어 활성화한 NH₂ SPE cartridge (1 g, 6 mL)에 재용해액(싹갓 2 mL, 참나물 5 mL)을 loading 하고, n-hexane : dichloromethane (80/20, v/v) 5 mL으로 세척과정을 수행하여 간섭물질을 제거하고, dichloromethane 10 mL로 용출하였다. 용출액은 rotary vacuum evaporator로 농축한 후, acetonitrile로 재용해(싹갓 2 mL, 참나물 1 mL)하여 HPLC-DAD(Agilnet 1260 Infinity Series, USA)로 분석을 수행하였다. HPLC의 기기분석조건은 유속은 1.0 mL/min, 파장은 260 nm, 주입량은 20 µL이며, column은 싹갓 Luna C18 (250 x 4.6 mm, 5 µm, Phenomenex), 참나물 Kinetex C18 (50 x 2.1 mm, 2.6 µm, Phenomenex), 이동상은 Acetonitrile/Water (65/35, v/v)로 isocratic 조건으로 분석을 수행하였다. 생산단계 잔류성시료 및 저장안정성 시료는 회수율시험과 동일한 분석법을 적용하여 정량분석을 수행하였다.

감소상수 및 생물학적 반감기

싹갓 및 참나물에 대한 시설재배에서 5% EC lufenuron (critical Good Agricultural Practice, cGAP)을 농약안전사용기준에 따라 조제하여 처리한 후, 채취한 시료 중 lufenuron의 일자별 잔류량을 적용하여 first order equation $C_t = C_0 e^{-kt}$ (C_t : 경과시간에 따른 잔류량, C_0 : 0일차 잔류량, k : 감소상수, t : 경과일)을 산출하고, 생물학적 반감기($t_{1/2}$)는 $\ln(2)/k$ 를 적용하여 산출하였다[5]. lufenuron의 일자별 잔류량 분석결과를 Microsoft Excel(version 2021)에 적용하여 회귀분석

을 수행하고, F-test 및 T-test에 의한 회귀식과 감소상수의 유의성을 확인한 후, 95% 신뢰수준의 감소상수의 최소값을 산출하였다.

결과 및 고찰

포장시험

포장시험기간 동안 싹갓의 포장 1, 2의 평균 온도는 15.7±2.8°C 및 17.3±2.5°C, 참나물 포장 1, 2는 15.3±2.3°C 및 16.1±3.3°C였으며, 지리적으로 포장간의 거리가 위도상으로 20 km 이상 차이가 있었으나, 시설재배조건으로 포장간 온도의 차이는 2°C 이하로 차이가 없었고, 엽채류 재배에서 생육적정 온도는 15-20°C로 싹갓 및 참나물의 시험포장 온도는 생육에 적합하였다[6].

분석법 확립

싹갓 및 참나물 중 lufenuron의 LOQ는 회수율시험과 동일한 분석 전처리 과정에서 시료량, 희석배수 및 최종부피를 적용하여 각각 0.02 mg/kg 및 0.04 mg/kg로 식품의약품안전처 생산단계 농약 잔류시험 매뉴얼에서 제시하고 있는 0.05 mg/kg 이하에 적합하였다. 검량선의 직선성을 싹갓은 검량선 표준용액의 농도범위 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2 및 5 mg/L, 참나물은 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5 및 10 mg/L에서 수행한 결과, 피크 면적과 농도로 산출된 회귀식 및 결정계수(r^2)는 각각 $y=1.79092x+0.93711$ ($r^2=0.9994$), $y=1.83334x+0.00904$ ($r^2=0.9999$)로 직선성을 확인하였다. 싹갓 및 참나물 중 lufenuron 회수율 시험은 정량한계(0.02 mg/kg 및 0.04 mg/kg) 수준에서 평균 회수율이 각각 83.9% 및 90.8%, 변이계수(Coefficient of Variation, CV)는 각각 6.1% 및 6.3%였고, 정량한계 10배(0.2 mg/kg 및 0.4 mg/kg)수준에서 평균 회수율은 각각 76.5% 및 93.6%, 변이계수는 각각 2.9% 및 0.2%로, 식품의약품안전처 생산단계 농약 잔류시험 매뉴얼의 분석법 검증을 위한 회수율 70-120% 및 변이계수 20% 이내로 적합하였다(MFDS, 2014). 싹갓 및 참나물 중 lufenuron의 잔류시료의 분석 완료까지의 냉동보관(-20°C 이하) 기간은 각각 48일 및 138일이었으며, 이에 대한 저장안정성 시험 결과, 평균 회수율이 각각 77.7% 및 103.7%, CV는 2.1% 및 1.8%로 잔류분석시료 중 lufenuron이 저장기간 동안 안정한 것을 확인하였다.

시설재배 조건에서 싹갓 및 참나물 중 lufenuron 잔류특성

시설재배 싹갓의 lufenuron 5% EC를 처리한 후 2시간 이내인 0일차의 lufenuron의 잔류량은 시험포장 1, 2에서 각각 6.28 mg/kg, 5.60 mg/kg이었으며, 싹갓 중 lufenuron의 잔류허용기준(5 mg/kg) 미만의 잔류량은 시험포장 1, 2에서 각각 3일차(4.02 mg/kg), 1일차(4.75 mg/kg)였고, lufenuron 5% EC의 싹갓에 대한 최종약제 살포 후 수확일인 14일차의 lufenuron 잔류량은 시험포장 1, 2에서 각각 1.48 mg/kg, 0.69 mg/kg으로 잔류허용기준 대비 각각 30%, 14%

Table 2. Regression curves and biological half life of lufenuron on crown daisy and chamnamul

Crops	Field No.	Regression curve		Half life (day)
		Equation	R ²	
Crown daisy	Field 1	$y = 5.4356e^{-0.0992x}$	0.9352	7.0
	Field 2	$y = 5.3231e^{-0.1517x}$	0.9845	4.6
	Average	$y = 5.3350e^{-0.1202x}$	0.9752	5.8
Chamnamul	Field 1	$y = 7.9831e^{-0.2565x}$	0.9723	2.7
	Field 2	$y = 6.8008e^{-0.2445x}$	0.9822	2.8
	Average	$y = 7.4063e^{-0.2508x}$	0.9799	2.8

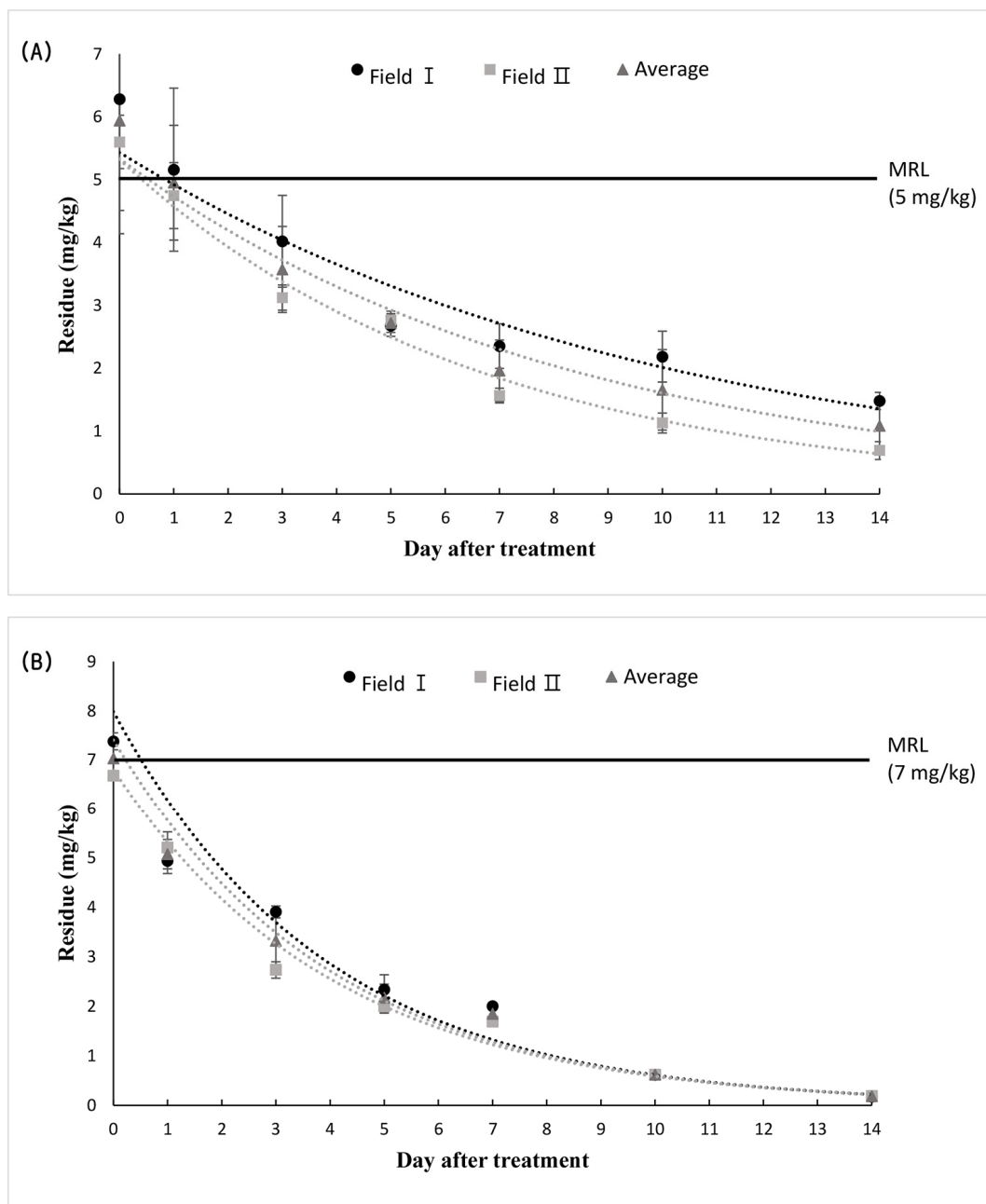


Fig 1. Residual patterns of lufenuron after final application at the critical GAP (A; crown daisy, B; chamnamul).

로 안전한 수준이었다(Fig. 1). 시설재배 쪽갓 중 lufenuron의 일자별 잔류량의 회귀분석을 실시하여 F-test에 의한 회귀식의 유의성을 확인하여 반감기를 산출하고, t-test에 의한 95% 신뢰수준의 감소상수 최소값을 산출한 결과, 쪽갓 중 lufenuron의 반감기는 시험포장 1, 2에서 각각 7.0일, 4.6일이었고, 2개 시험포장의 평균 잔류량을 적용하여 회귀분석을 실시하여 산출한 반감기는 5.8일이었다(Table 2).

시설재배 참나물의 lufenuron 5% EC를 처리한 후 2시간

이내인 0일차의 lufenuron의 잔류량은 시험포장 1, 2에서 각각 7.38 mg/kg, 6.68 mg/kg이었으며, 참나물 중 lufenuron의 잔류허용기준(7 mg/kg) 미만의 잔류량은 시험포장 1, 2에서 각각 1일차(4.94 mg/kg), 0일차(6.68 mg/kg)였고, lufenuron 5% EC의 참나물에 대한 최종약제 살포 후 수확일인 7일차의 lufenuron 잔류량은 시험포장 1, 2에서 각각 2.0 mg/kg, 1.69 mg/kg으로 잔류허용기준 대비 각각 29%, 24%로 안전한 수준이었다(Fig. 1). 시설재배 참나물 중 lufenuron

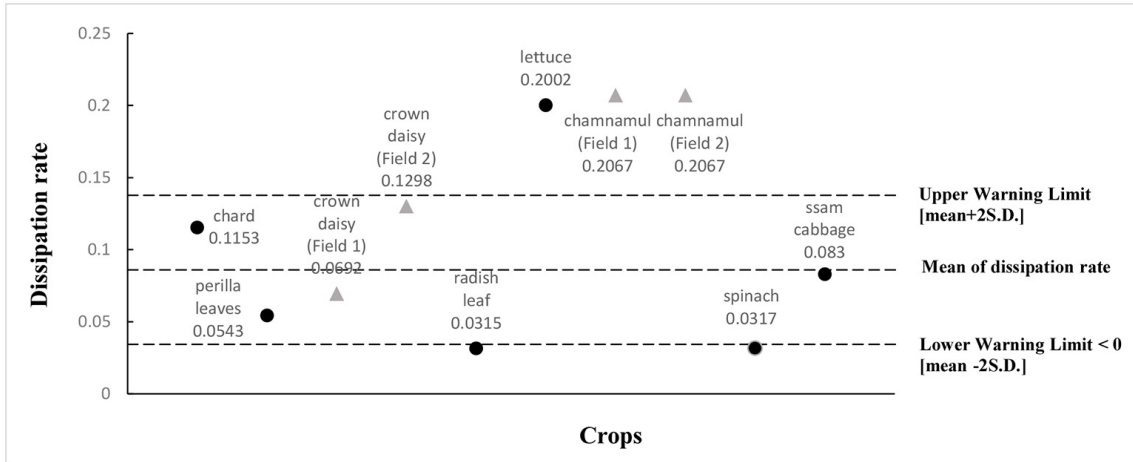


Fig 2. Dissipation rate constants evaluation of lufenuron on leafy vegetables.

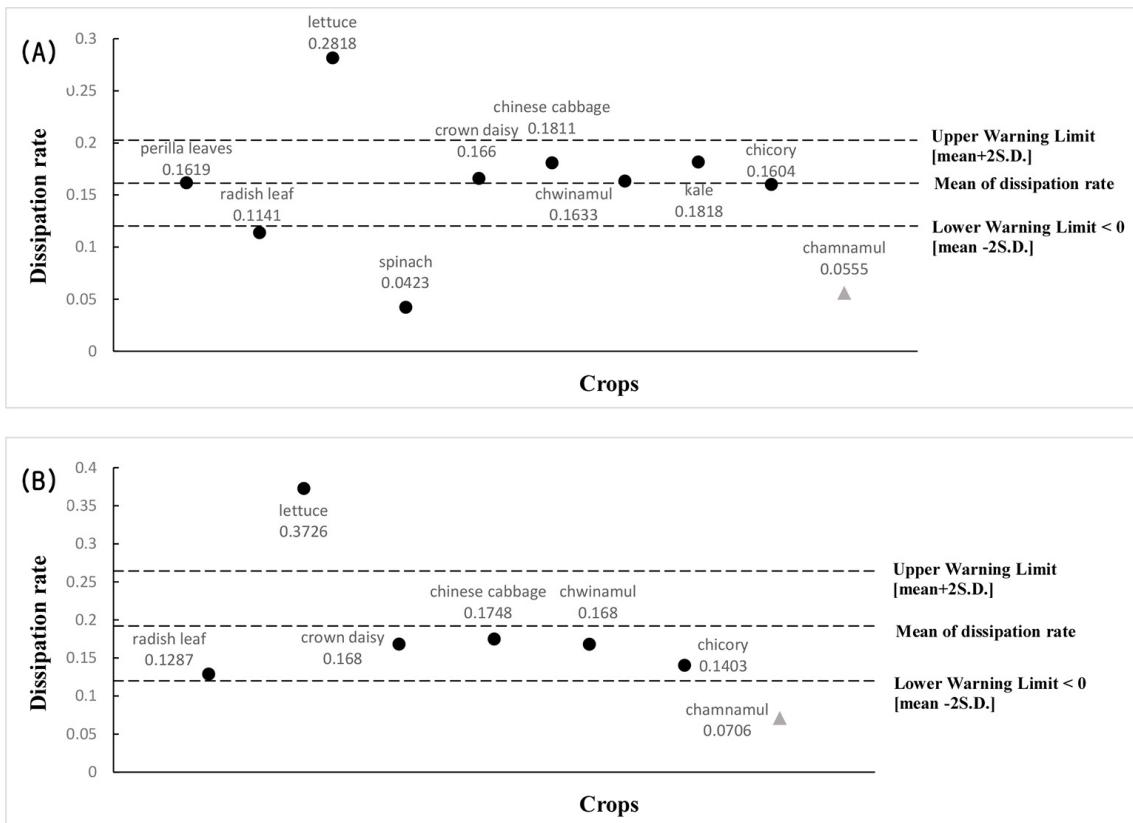


Fig 3. Dissipation rate constants evaluation of cypermethrin and fenvalerate on leafy vegetables (A; cypermethrin B; fenvalerate).

의 일자별 잔류량의 회귀분석을 실시하여 F-test에 의한 회귀식의 유의성을 확인하여 반감기를 산출하고, t-test에 의한 95% 신뢰수준의 감소상수 최소값을 산출한 결과, 참나물 중 lufenuron의 반감기는 시험포장 1, 2에서 각각 2.7일, 2.8일이었고, 2개 시험포장의 평균 잔류량을 적용하여 회귀분석을 실시하여 산출한 반감기는 2.8일이었다.

이전의 연구에서 엽채류 중 lufenuron의 반감기는 열무, 열갈이배추, 취나물, 상추, 치커리 및 유채에서 각각 12.6일, 8.8일, 9.1일, 2.2-4일, 4.6일 및 4.7일이었으며, 본 연구의 썩갯 및 참나물에서 평균 반감기도 5.8일 및 2.8일로 엽채류의 반감기 범위였다(MFDS, 2022)[7,8]. 앞선 연구에서 여러 데이터의 통계적인 추정을 위하여 평균값과 표준편차로 95% 신뢰 범위를 통하여 유의성을 판단하였다[9-15]. 본 연구 결과에서도 썩갯 및 참나물 중 lufenuron 잔류량 감소특성을 유사작물인 엽채류의 잔류특성과 비교하고자, 생산단계 잔류허용기준에 고시되어 있는 엽채류(근대, 들깻잎, 열무, 상추, 시금치, 열갈이배추)의 lufenuron 감소상수를 활용하여 감소상수의 평균값±2SD (standard deviation)를 95% 신뢰 범위로 설정하여 유사성 여부를 확인하였고, 썩갯은 95% 신뢰 범위에 포함되었으나, 참나물은 95% 신뢰 범위를 벗어났다(Fig. 2). 이에, 생산단계 잔류허용기준 고시에 썩갯 및 참나물에 감소상수가 고시되어 있는 농약은 cypermethrin과 fenvalerate이고 이들 농약의 엽채류에 설정된 감소상수와 유사성을 비교한 결과, lufenuron과 동일하게 95% 신뢰수준인 감소상수의 평균값±2SD에 썩갯은 95% 신뢰 범위에 포함되었으나, 참나물은 95% 신뢰 범위를 벗어났다(Fig. 3). 본 연구의 결과는 생산단계 잔류허용기준 설정을 위한 기초자료 활용하고, 추가적인 연구를 통하여 유사작물의 잔류성시험에 의한 잔류허용기준의 외삽적용 가능 작물을 판단하는 자료로 활용 가능하다.

Note

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement

This research was supported by the Ministry of Food and Drug Safety, Republic of Korea (grant number: 20162MFDS602).

References

- Lee DY, Kim YJ, Kim SG, Kang KY (2013) Residual characteristics of insecticides used for oriental tobacco budworm control of paprika. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 32(1), 84-93. <http://doi.org/10.5338/KJEA.2013.32.1.84>.
- Lim JS, Hong JH, Lee CR, Han KT, Lee YR, Lee KS (2011) Establishment of pre-harvest residue limit(PHRL) of insecticide chlorfenapyr and fungicide fenarimol during cultivation of chwinamul(Aster scaber). *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 30, 52-59. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2011.30.1.52>.
- Lee DY, Kim YJ, Lee SJ, Cho KS, Kim SG, Park MH, Kang KY (2012) Establishment of pre-harvest residue limit of fungicides pyrimethanil and trifloxystrobin during cultivation of persimmon. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 31, 45-51. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2012.31.1.45>.
- Mansur JF, Santos AS, Santos-Junior H, Ramos IB, Medeiros MN, Machado EA, Kaiser CR, Muthukrishnan S et al. (2010) The effect of lufenuron, a chitin synthesis inhibitor, on oogenesis of *Rhodnius prolixus*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 98, 59-67. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2010.04.013>.
- Fu Y, Wang Q, Zhang L, Ling S, Jia H, Wu Y (2021) Dissipation, occurrence, and risk assessment of 12 pesticides in *Dendrobium officinale* Kimura et Migo. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 222, 112487. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112487>.
- Park DY, Jang ST, Chang SJ (2013) Numerical study on the thermal environment of a natural light based multi-layered plant factory. *Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, 13, 43-50. <http://dx.doi.org/10.12813/kieae.2013.13.5.043>.
- Ko KY, Kim SH, Jang YH, Lee KS (2008) Residual pattern of chlorothalonil, indoxacarb, lufenuron, metalaxyl and methomyl during the cultivation periods in chinese cabbage. *The Korean Journal of Pesticide Science*, 12, 34-42.
- Kwon SM, Choi OK, Kim KC, Kim JB, Kang HG, Cho YS, Ha JO, Jang JH, Lee BH, et al. (2014) Distribution characteristics of pesticide residues in the portions of lettuce leaves. *The Korean Journal of Pesticide Science*, 18(2), 53-60. <https://doi.org/10.7585/kjps.2014.18.2.53>.
- Khullar V, Salvatore S, Cardozo L, Bourne TH, Abbott D, Kelleher C (1994) A novel technique for measuring bladder wall thickness in women using transvaginal ultrasound. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology: The Official Journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, 4(3), 220-223. <https://doi.org/10.1046/j.1469-0705.1994.04030220.x>.
- Whitley E, Ball J (2002) Statistics review 2: Samples and populations. *Critical Care*, 6(2), 1-6. <https://doi.org/10.1186/cc1473>.

11. Kim HY, Kim MS (2003) Quality assurance program - Especially for food additives. *Food Science and Industry*, 36(4), 36-41.
12. F Kamel, CM Tanner, DM Umbach, JA Hoppin, MCR Alavanja, A Blair, K Comyns SM. Goldman, M Korell et al. (2006) Pesticide exposure and self-reported Parkinson's disease in the agricultural health study. *American Journal of Epidemiology*, 165(4), 364-374. <https://doi.org/10.1093/aje/kwk024>.
13. Júlíusson PB, Roelants M, Hoppenbrouwers K, Hauspie R, Bjerknes R (2009) Growth of Belgian and Norwegian children compared to the WHO growth standards: prevalence below -2 SD and above $+2$ SD and the effect of breastfeeding. *Archives of Disease in Childhood*, 96(10), 916-921. <https://doi.org/10.1136/adc.2009.166157>.
14. Hwang EJ, Park JE, Do JA, Chung HW, Chang HR (2017) Residual dissipation based on crop commodities classification of boscalid and spinetoram on crown daisy and sweet pepper under green houses. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 36(3), 184-192. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2017.36.3.29>.
15. Park JE, Hwang EJ, Chang HR (2017) Sediment toxicity assessment of pesticides using *Chironomus riparius* acute and chronic effect. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 36(2), 80-86. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2017.36.2.18>.