

상추 중 Lambda-cyhalothrin과 Deltamethrin의 잔류 특성

윤상순 · 심석원 · 김광일 · 안명수 · 윤택한 · 김윤정 · 황효선 · 진충우 · 한상국 · 오상균
신종호 · 진용덕¹ · 이은영² · 경기성^{2*}

국립농산물품질관리원 충북지원, ¹농업과학기술원 농산물안전성부, ²충북대학교 농업생명환경대학 응용생명환경학부
(2008년 6월 1일 접수, 2008년 6월 23일 수리)

Residual Characteristics of Lambda-cyhalothrin and Deltamethrin in Lettuce

Sang Soon Yun, Seok-Won Shim, Kwang Ill Kim, Myung-Soo Ahn, Teak Han Youn, Yun-Jeong Kim, Hyo Seon Hwang, Chung Woo Jin, Sang Kuk Han, Sang Kyun Oh, Jong Ho Shin, Yong Duk Jin¹, Eun Young Lee² and Kee Sung Kyung^{2*}

Chungbuk Provincial Office, National Agricultural Products Quality Management Service, Cheongju 361-825, ¹Department of Crop Life Safety, National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon 441-707, and ²School of Applied Life Science and Environment, College of Agriculture, Life and Environmental Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

Abstract

This study was carried out to investigate the residue patterns of two insecticides, lambda-cyhalothrin and deltamethrin, commonly used for lettuce, under greenhouse conditions. The pesticides were sprayed with dilution of recommended and doubled doses onto lettuce. Their detection limits were 0.001 mg·kg⁻¹ and mean recoveries at the fortification levels of 0.2 and 1.0 mg·kg⁻¹ were from 101.17 to 104.25 and from 99.70 to 103.77%, respectively. The pesticides were gradually decreased in lettuce with time. Biological half-lives of lambda-cyhalothrin and deltamethrin were 1.7 and 1.4 days at the recommended dose and 1.8 and 1.4 days at the doubled dose, respectively. Initial residue amounts of lambda-cyhalothrin and deltamethrin at the recommended and doubled doses exceeded their MRLs. However, the residue levels of the pesticides in the crop sampled at harvest were less than their MRLs. The ratios of the estimated daily intake (EDI) to acceptable daily intake (ADI) by intake the crop harvested 10 days after spraying were less than 1% of their ADIs.

Key words lambda-cyhalothrin, deltamethrin, pesticide residue, lettuce

서론

상추는 기원전 4500년경의 고대 이집트 피라미드 벽화에 작물로 기록됐을 정도로 가장 오래되고 즐겨먹는 채소 중 하나이며, 주로 샐러드나 쌈을 싸 먹는데 이용되고 비타민과 무기질이 풍부하여 빈혈 환자에게 좋은 채소이다. 이러한 상추와 같은 농산물은 다른 식품과 달리 장기간의 보존이 어려우며, 빠른 유통과 소비가 이루어진다는 특성 때문에 유통단계

에서의 농산물 안전성 조사는 부적합 농산물이 대부분 소비되어 사전조치가 어렵지만, 생산단계에서는 농약의 잔류허용 기준을 초과한 농산물의 경우 출하연기, 용도전환, 폐기 등의 조치를 통해 부적합 농산물의 시장출하를 사전에 차단하여 소비자의 식탁에 오를 수 있는 기회를 원천적으로 봉쇄할 수 있다는 장점이 있다. 농림부에서는 1999년부터 농산물품질관리법 법률 제5667호에 의거 출하 전 농산물에 대한 잔류허용 기준을 설정하여 부적합 농산물의 출하를 사전에 차단하고 있다(농림부 2002). 이러한 출하 전 검사제도를 효율적으로 운영하기 위해서는 출하시점에서의 농약잔류허용기준과

*연락처 : Tel. +82-43-261-2562, Fax. +82-43-271-5921
E-mail: kskyung@chungbuk.ac.kr

재배시 살포되는 농약의 생화학적 반감기에 근거한 생산단계에서의 농약잔류허용기준이 별도로 설정되어야 할 것이다(김 등, 2002). 따라서 살포 후에 경시적인 변화를 감안하여 생산기간 중의 잔류량 변화를 예측하는 것은 출하시점에서 잔류농약의 안전성 판단에 필수적이다(이 등, 2003).

국립농산물품질관리원의 안전성 조사결과에 따르면, 채소류 중 상추의 잔류허용기준을 초과하는 부적합율이 4.11%로서 꺾잎 다음으로 높았다(국립농산물품질관리원, 2006). 따라서 국내에서 주로 생식용으로 소비되며, 부적합 빈도가 높은 상추에 대하여 재배기간 중 사용되는 농약들의 수확물 중 잔류수준의 안전성 평가는 중요하다고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 상추에 살충제인 lambda-cyhalothrin과 deltamethrin을 살포하여 경시적 농약 잔류량의 변화를 조사하고, kinetics 해석에 따라 합리적 회귀식과 생화학적 반감기를 산출하여 작물의 재배 단계별로 농약 잔류량을 예측하고, 이를 통하여 생산 단계별 잔류 농약 허용기준 설정의 기초 자료로 활용 하고자 한다.

재료 및 방법

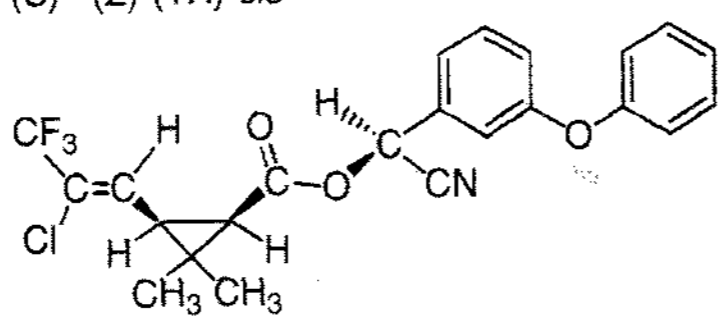
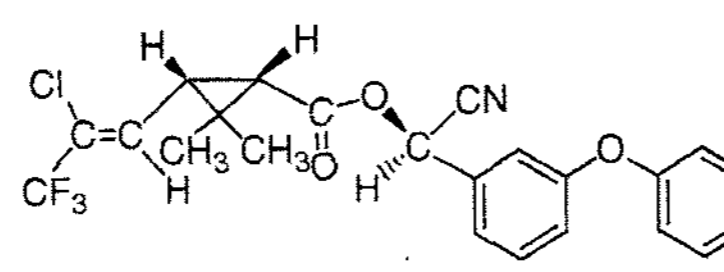
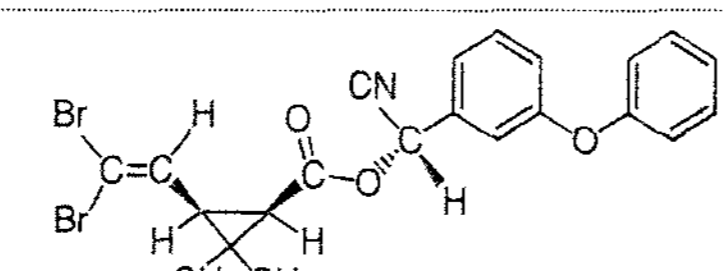
시험농약 및 시약

Dr. Ehrenstorfer 사(독일)로부터 구입한 lambda-cyhalothrin(순도 98.2%)과 deltamethrin(순도 99.0%)을 시험농약의 표준품으로 사용하였으며, 각 농약의 이화학적특성 및 화학구조식은 표 1과 2와 같다. 추출 및 정제를 위해 사용한 acetone, acetonitrile, *n*-hexane은 Merck 사(독일)의 잔류분석용 시약(pesticide residue analysis grade)을 사용하였다. Column clean-up을 위해 Phenomenex 사(미국)의 Florisil solid phase extraction cartridge(SEP-FL cartridge 1.0 g, 6 mL)를 사용하였다. 살포용 농약으로 lambda-cyhalothrin은 람다사이 할로트린 수화제(주성분함량 1%, 신젠타), deltamethrin은 델타메트린 유제(주성분함량 1%, 경농)를 구입하여 사용하였으며, 해당 농약의 상추에 대한 안전사용기준이 설정되어 있지 않아 엽채류 중 배추의 안전사용기준을 적용하여 조제한 표준희석살포용액(기준량)과 표준희석살포용액의 2배 농

Table 1. Physicochemical properties of lambda-cyhalothrin and deltamethrin

Pesticide	Molecular weight	logP	Vapour pressure (mPa)	Solubility
Lambda-cyhalothrin	449.9	7 (20°C)	2×10^{-4} (20°C)	In water $0.005 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (20°C). In acetone, methanol, toluene, hexane, ethyl acetate $> 500 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$
Deltamethrin	505.2	4.6 (25°C)	1.24×10^{-5} (25°C)	In water $< 0.2 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ (25°C). In dioxane 900, cyclohexanone 750, dichloromethane 700, acetone 500, benzene 450, ethanol 15, isopropanol 6 (all in $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, 20°C)

Table 2. Chemical structures and names of lambda-cyhalothrin and deltamethrin

Pesticide	Chemical structure	Chemical name (IUPAC)
Lambda-cyhalothrin	<p>(S) (Z)-(1R)-cis-</p>  <p>+</p> 	<p>A reaction product comprising equal quantities of (S)-α-cyano-3-phenoxybenzyl-(Z)--(1R,3R)-3-(2-chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-enyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate and (R)-α-cyano-3-phenoxybenzyl-(Z)--(1S,3S)-3-(2-chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-enyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate</p>
Deltamethrin	<p>(R) (Z)-(1S)-cis-</p> 	<p>(S)-α-cyano-3-phenoxybenzyl(1R,3R)-3-(2,2-dibromovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate</p>

도로 조제한 살포용액(배량)을 수확예정 10일 전인 2006년 7월 24일에 배부식 분무기를 이용하여 120 L/10 a의 살포율로 정식 14일 후 상추에 균일하게 1회씩 살포하였다. 실험에서 사용된 농약의 종류와 안전사용기준 그리고 잔류허용기준 (maximum residue limit, MRL)은 표 3과 같다(농업과학기술원, 2005; 한국작물보호협회, 2006).

시험포장 및 재배방법

상추(*Lactuca sativa*, 품종: 적치마)를 충북 청원군 북이면 소재 시설비닐하우스에 2006년 6월 21일 파종하고, 7월 10일 정식한 후 관행법에 따라 재배하였다. 길이 50 m × 폭 6 m의 시험포장에 시험구를 약제처리별로 3반복 배치하고 교차오염을 방지하기 위하여 2.0 × 1.5 m의 완충지대를 설치하였으며, 재식거리는 20 × 20 cm이었다.

시료채취

약제 살포 후 0.17, 1, 2, 3, 4, 5, 7 및 10일에 각 처리구에서 12 포기씩 3반복씩 생육상태가 균일한 시료를 무작위로 채취하여 증체량을 조사하고 시료분쇄기(Blixer 5 Plus, Robot Coupe, 프랑스)로 균질화한 후 처리구별로 분석에 필요한 양 (20 g)을 정확히 무게를 달아 플라스틱 용기에 넣어 밀봉하고 시료 분석 전까지 -40°C 냉동고에 보관 후 잔류농약 분석용 시료로 사용하였다.

검량선 작성

잔류 농약의 정량분석을 위한 검량선은 lambda-cyhalothrin 과 deltamethrin 표준품을 acetone:n-hexane(80:20, v/v)에 녹여 1,000 mg·kg⁻¹의 stock solution을 조제하고 동일용매로 희석하여 lambda-cyhalothrin은 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, 2.5, 5.0, 10.0 mg·kg⁻¹, deltamethrin은 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 mg·kg⁻¹의 농도로 조제한 후 이들 표준용액의 일정량을 취해 GC-ECD를 이용하여 얻은 chromatogram 상의 peak 면적 또는 높이를 기준으로 각 성분별 표준 검량선을 작성하여 상추 중 잔류농약을 정량하였다.

잔류농약 분석

마쇄한 상추 시료 20 g에 acetonitrile 100 mL를 넣고 균질기(HG 92, SMT HIGH-FLEX, 일본)를 이용하여 5000 rpm으로 3분 동안 마쇄 추출하여 celite 545를 통과시켜 흡인여과하였다. 여과액을 40°C이하 수욕상에서 물층만 남기고 감압농축기(R-205, BÜCHI, 독일)를 이용하여 농축하고 물층을 500 mL 분액여두로 옮긴 후 n-hexane 50 mL로 2회 전용하고, n-hexane 분배액을 무수황산나트륨(Na₂SO₄)으로 탈수하여 40°C이하 수욕상에서 감압농축하였다. 농축된 시료를 acetone:n-hexane(80:20, v/v) 10 mL로 재용해하였다.

Florisil SPE cartridge(1 g/6 mL)에 n-hexane 6 mL, acetone:n-hexane(80:20, v/v) 6 mL로 순차적으로 흘려보내서

Table 3. Pesticide products for spraying and their safe use guidelines and maximum residue limits

Pesticide	Formulation type	A.I. ^{a)} content (%)	Standard dilution rate	Safe use guideline ^{b)}		MRL ^{e)} (mg·kg ⁻¹)
				PHI ^{c)} (day)	MAF ^{d)} (time)	
Lambda-cyhalothrin	WP ^{f)}	1	1,000	3	3	2.0
Deltamethrin	EC ^{g)}	1	650	7	3	0.5

^{a)}Active ingredient; ^{b)}for Chinese cabbage ^{c)}pre-harvest interval; ^{d)}maximum application frequency; ^{e)}maximum residue limits; ^{f)}wettable powder; and ^{g)}emulsifiable concentrate.

Table 4. Gas chromatographic conditions for the analysis of pesticide residues

Instrument	CP-3800 gas chromatograph with autosampler (Varian, USA)
Column	DB-5, 30 m L. × 0.25 mm I.D., 0.25 µm film thickness
Detector	Electron capture detector
Flow rate	Carrier gas (N ₂) : 1 mL·min ⁻¹ Make-up (N ₂) : 60mL·min ⁻¹
Temperature	Oven : 150°C (maintained for 1 min), increased to 220°C (maintained for 2 min) at a rate of 20°C·min ⁻¹ , increased to 300°C (maintained for 5.5 min) at a rate of 20°C·min ⁻¹ Injector : 250°C, Detector : 300°C
Split ratio	60:1
Injection volume	1 µL

안정화시킨 후 시료용액 1 mL을 loading하고 acetone:n-hexane (80:20, v/v) 6 mL로 용출시킨 후 질소미세농축기로 농축하고, 다시 2 mL의 acetone:n-hexane(80:20, v/v)으로 재 용해하여 GC-ECD로 분석하였으며, 시험농약의 기기분석조건은 표 4와 같다.

회수율시험

상추 중 잔류되어 있는 lambda-cyhalothrin과 deltamethrin 잔류분석법에 대한 회수율을 실험하고자 무처리 상추 시료 20 g에 농약별로 0.2와 1.0 mg·kg⁻¹의 농도로 처리한 후 30 분간 방치하여 유기용매를 휘발시키고 잔류농약 분석을 위한 시료의 조제 방법과 동일하게 각 처리 농도별 3반복으로 분석하여 회수율 구하였다(안 등, 2007).

회귀식을 이용한 재배기간 중 잔류농도 예측

생물학적 반감기는 kinetic model에 근거하여 소실률이 시간(t)의 경과에 따라 농도(C)에 의존하는 first order kinetics model에 의하여 Microsoft사의 Microsoft Excel을 이용하여 회귀 곡선식으로 산출하였다(박 등, 2005). 또한 작물 생육기간 중 농약 잔류량은 앞서 구한 회귀곡선식을 이용하여 예측하였다(이 등, 2008).

잔류농약의 ADI 대비 식이 섭취율 산출

상추에 대한 시험농약의 식이섭취량인 EDI(estimated daily intake)와 ADI(acceptable daily intake)를 기준으로 산출한 식이섭취율은 다음식으로부터 구하였다. 이때 상추의 일일섭취량(daily food intake)은 3.90 g(식품의약품안전청, 2006)을 적용

하였으며, ADI는 한국인의 평균체중인 55 kg을 적용하였다.

- 식이섭취량 EDI(estimated daily intake, mg/day/man)
= 잔류농도(mg kg⁻¹) × 0.0039 kg
- 성인의 일일섭취허용량 = ADI × 55 kg
- ADI 대비 식이섭취율 = (식이섭취량/일일섭취허용량) × 100

결과 및 고찰

정량분석용 검량선

시험농약의 정량분석용 검량선은 r값이 lambda-cyhalothrin 0.9998, deltamethrin 0.9999로 모두 양호한 직선성을 나타내었다(그림 1).

회수율 실험 및 검출한계

본 연구에서 사용된 lambda-cyhalothrin 및 deltamethrin의 상추 중 잔류분석법에 대한 검출한계는 표 5에 제시한 바와 같이 모두 0.001 mg·kg⁻¹ 이었다. Lambda-cyhalothrin의 회수율은 0.2 mg·kg⁻¹과 1.0 mg·kg⁻¹ 수준에서 각각 104.25±0.88 (CV=0.84%)와 99.70±0.80%(CV=0.80%)이었으며, deltamethrin은 각각 101.17±0.34(CV=0.34%)와 103.77±0.55% (CV=0.53%)로서 시험농약 모두 양호한 수준이었다.

상추의 증체율과 기상조건

약제 살포 후 경과일별 상추의 증체율은 매 시료채취 시 36포기의 상추 무게를 합하여 측정하였으며, 10일간 증체율은 약 150%이었다(그림 2). 또한 약제 살포 후 시험기간 중

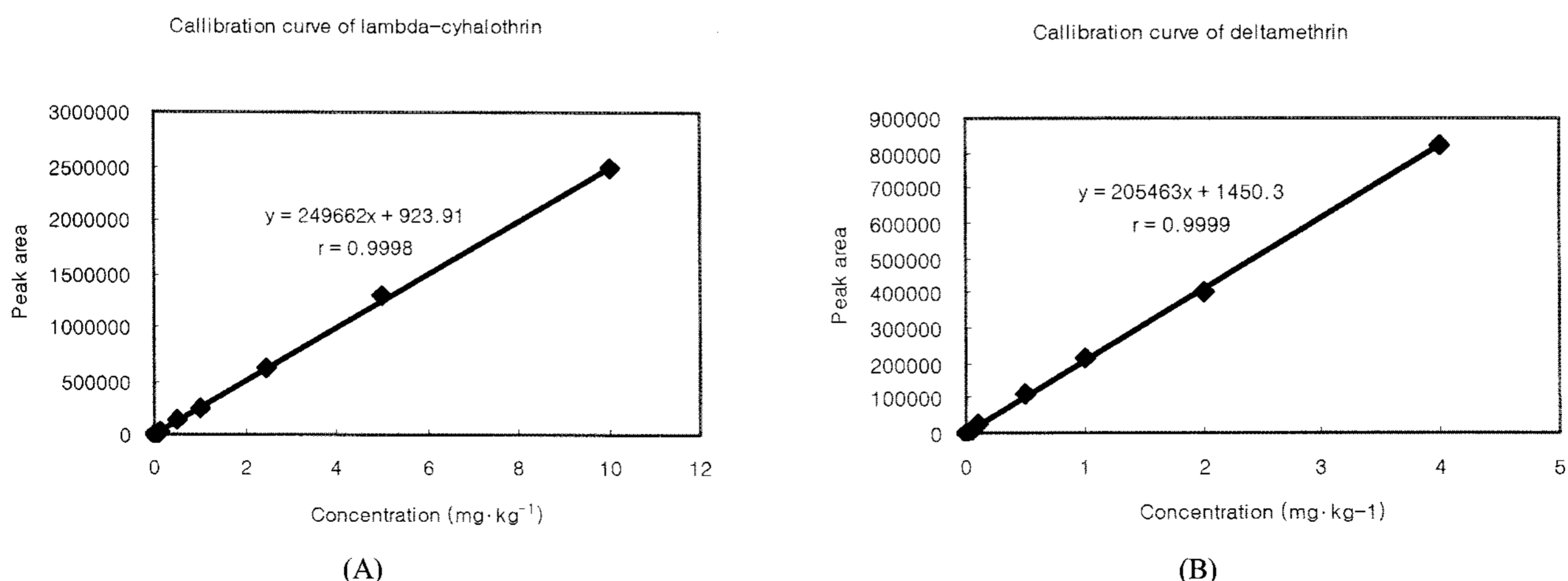


Fig. 1. Linear equations of calibration curve for the quantification of the pesticide residues in lettuce. A, Lambda-cyhalothrin; and B, Deltamethrin.

Table 5. Recoveries and limits of detection of the analytical methods for lambda-cyhalothrin and deltamethrin

Pesticide	Fortification level (mg·kg ⁻¹)	Recovery±SD ^{a)} (%)	Coefficient of variation	MDA ^{b)} (ng)	Limit of detection (mg·kg ⁻¹)
Lambda-cyhalothrin	0.2	104.25±0.88	0.84	0.01	0.001
	1.0	99.70±0.80	0.80		
Deltamethrin	0.2	101.17±0.34	0.34	0.01	0.001
	1.0	103.77±0.55	0.53		

^{a)}Mean values of triplicate samples with standard deviation and ^{b)}Minimum detectable amount.

Table 6. Dissipation rates of the pesticide residues in/on lettuce at 10 days of the prearranged harvest after spraying

Pesticide	Application rate	MRL ^{a)} (mg·kg ⁻¹)	Initial concentration (mg·kg ⁻¹)	Concentration at harvest (mg·kg ⁻¹)	% MRL ^{b)} at harvest (%)	Dissipation rate ^{c)} (%)
Lambda-cyhalothrin	Recommended	2.0	4.24	0.05	2.65	98.75
	Doubled		7.84	0.16	7.95	97.97
Deltamethrin	Recommended	0.5	1.40	0.01	1.4	99.50
	Doubled		2.11	0.01	2.2	99.48

^{a)}Maximum residue limit; ^{b)}Calculated from the equation, (concentration at harvest/MRL)×100; and ^{c)}Calculated from the equation, (concentration at day 0-concentration at harvest)×100/concentration at day 0.

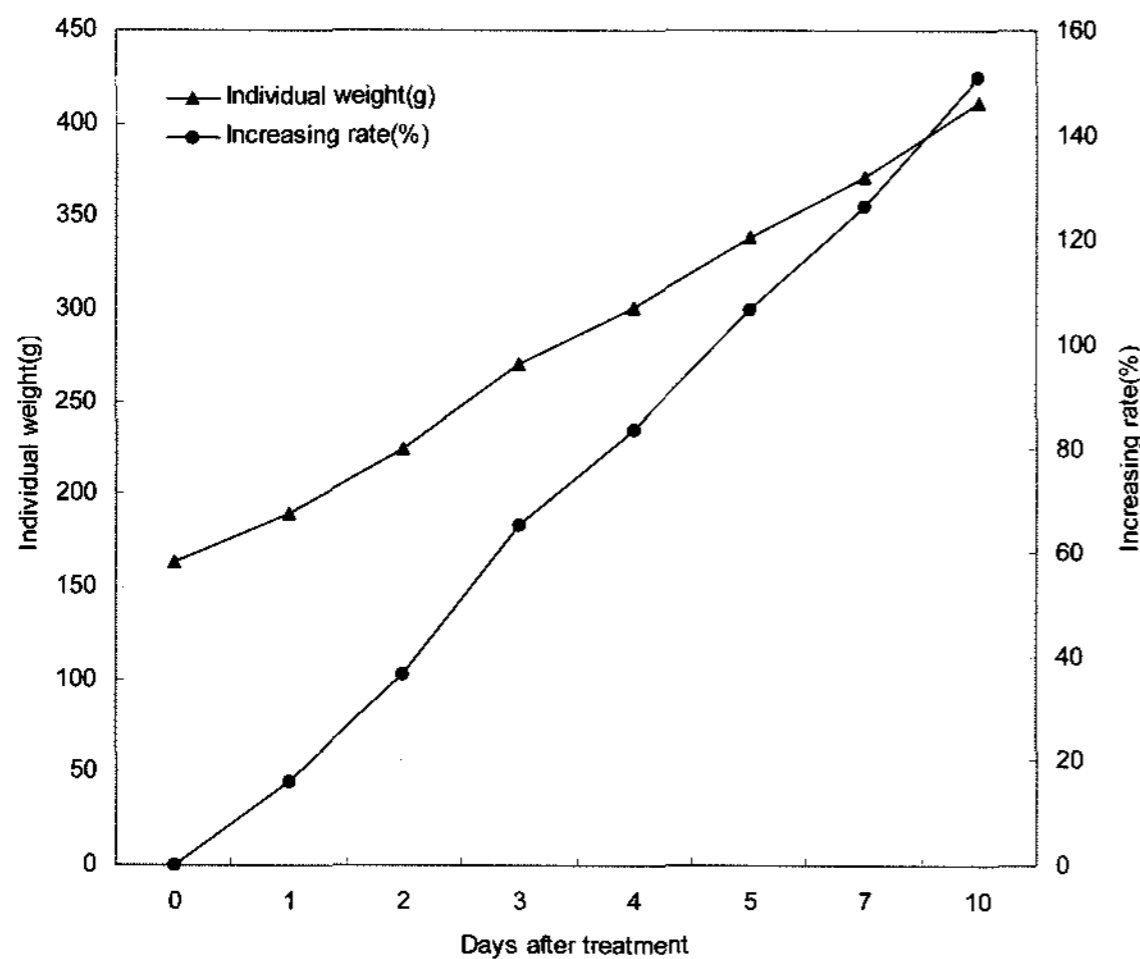


Fig. 2. Growth rate of lettuce during the experimental periods.

비닐하우스 내의 온도는 온습도계를 이용하여 시료채취 시에 측정하였으며, 온도는 29-35°C, 상대습도는 61-86% 범위 이었다.

상추 재배기간 중 경시적 농약잔류 특성

상추재배시 살포한 두 약제의 상추 중 경시적 잔류량 변화는 살포 후 시간이 경과함에 따라 그 잔류수준이 빠른 속도로 감소하였다(김 등, 2002). 수확 10일전에 상추 지상부에 기준량과 배량으로 각각 1회 약제를 살포하고 난 후 0.17, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 및 10일 8회에 걸쳐 시료를 채취하여 나타난 농약

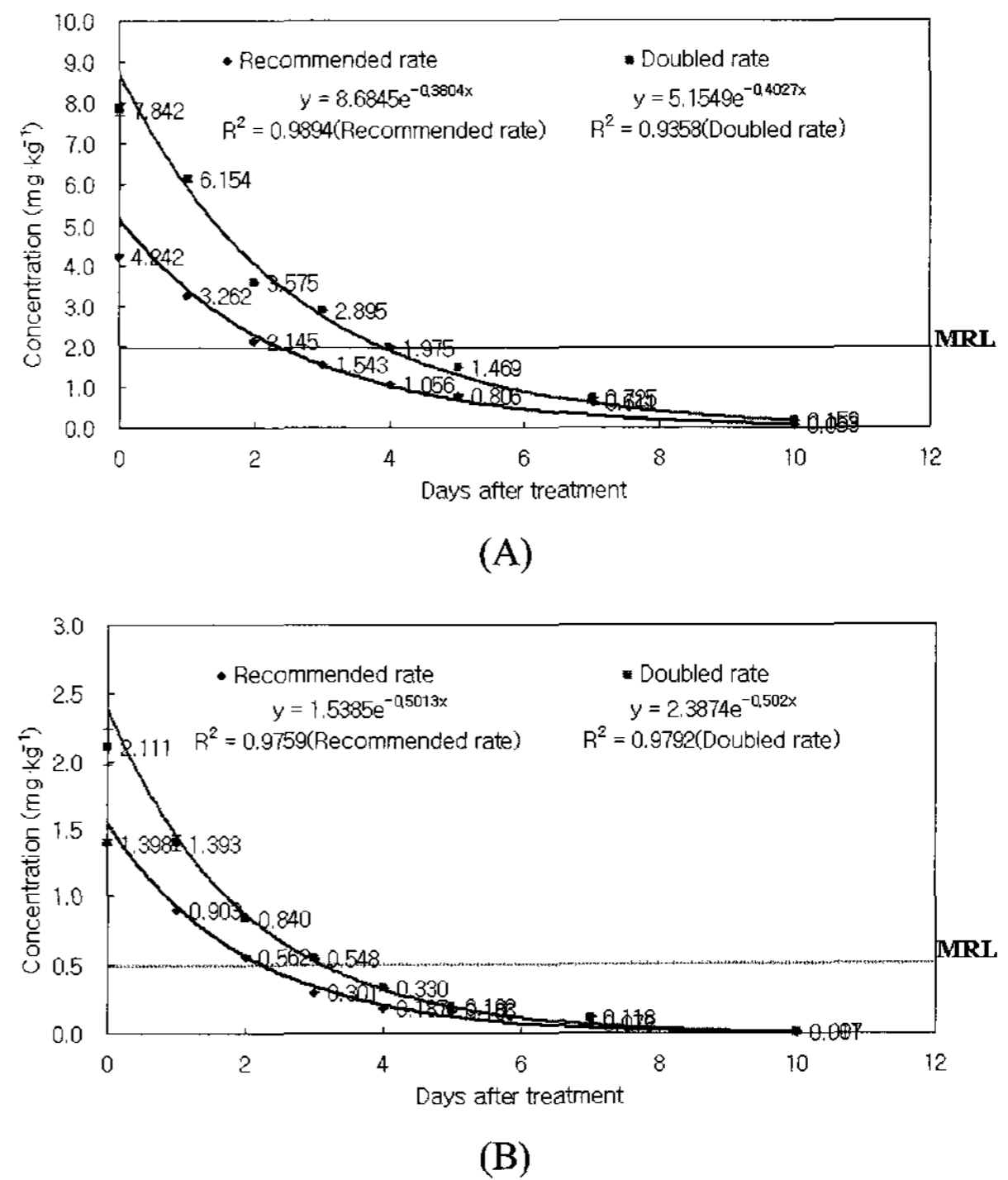


Fig. 3. Dissipation of lambda-cyhalothrin (A) and deltamethrin (B) in lettuce under greenhouse conditions.

의 경시적 잔류량 변화는 그림 3과 같고, 수확 예정일의 잔류량과 소실률은 표 6과 같다. Lambda-cyhalothrin의 초기 잔류량은 기준량과 배량 처리구에서 모두 잔류허용기준(MRL)인 2.0 mg·kg⁻¹이상으로 높게 나타났으나 10일이 경과된

수확 예정일에서의 소실률이 기준량과 배량 처리구에서 각각 98.75%과 97.97%이었으며, 수확예정일의 농도는 각각 MRL의 2.65%과 7.95% 수준으로 안전한 것으로 나타났다. Deltamethrin의 초기 잔류량은 기준량과 배량 처리구에서 모두 잔류허용기준인 0.5 mg·kg⁻¹이상으로 높게 나타났으나 10일이 경과된 수확예정일에서의 소실률이 기준량과 배량 처리구에서 각각 99.50%과 99.48%이었으며, 수확예정일의 농도는 각각 MRL의 1.4%와 2.2% 수준으로 안전한 것으로 나타났다. 복숭아(이 등, 2003)와 사과(김 등, 2003)에서처럼 과실류보다는 채소류인 상추에서 약제 살포 10일 후인 수확 예정일의 소실률이 큰 이유는 높은 증체율이 중요한 요인으로 여겨지며(김 등, 2007), 또한 표면적, 처리량, 사용패턴, 대상작물, 강우, 휘발성 등 다양한 환경요인에 의존하는 것으로 알려져 있다(오, 2000; Walash 등, 1993).

회귀식을 이용한 재배기간 중 잔류농도 예측

수확 10일전 상추에 살포한 시험농약의 소실 곡선은 그림 3과 같다. Lambda-cyhalothrin의 소실 곡선식은 기준량과 배량 처리구에서 각각 $y=5.1549e^{-0.4027x}$ ($r=0.9674$)와 $y=8.6845e^{-0.3804x}$ ($r=0.9947$)이었으며, 반감기는 기준량과 배량 처리구에서 각각 1.7일과 1.8일이었다. Deltamethrin의 소실 곡선식은 기

준량과 배량 처리구에서 각각 $y=1.5385e^{-0.5013x}$ ($r=0.9879$)과 $y=2.3874e^{-0.5020x}$ ($r=0.9895$)이었으며, 반감기는 모두 1.4일이었다.

소실 곡선식을 이용하여 시험농약의 DT₅₀, DT₇₅ 및 DT₉₀을 산출한 결과는 표 7과 같으며, lambda-cyhalothrin이 살포 후 75%가 소실되는데 걸린 기간은 기준량과 배량 처리구에서 각각 3.4일과 3.6일이었으며 90%가 소실되는데 걸린 기간은 각각 5.7일과 6.1일이었다. Deltamethrin의 경우는 농약 살포 후 75%가 소실되는데 걸린 기간은 기준량과 배량 처리구에서 모두 2.8일, 90%가 소실되는데 걸린 기간도 모두 4.6일이었다. 또한 회귀식을 이용하여 lambda-cyhalothrin과 deltamethrin의 상추에 대한 잔류허용기준인 2.0 mg kg⁻¹과 0.5 mg kg⁻¹을 적용한 결과 약제 살포일로부터 기준량 처리구는 각각 2.4, 2.2일이 지나면 잔류허용기준(MRL)이하로 감소하였으며, 배량 처리구에서는 각각 3.9, 3.1일이 지나면 잔류허용기준 이하로 감소하는 것으로 나타났으며, 수확 예정일에는 극히 적은양이 잔류하는 것을 알 수 있었다.

잔류농약의 ADI 대비 식이섭취율 산출

상추에 대한 시험 농약의 식이섭취량인 EDI와 일일섭취허용량(ADI)을 활용하여 식이섭취율을 산출한 결과는 표 8에 제시

Table 7. DT₅₀, DT₇₅, DT₉₀ and days required under MRL of the pesticides in lettuce under green house conditions

Pesticide	Application rate	DT ₅₀ ^{a)}	DT ₇₅ ^{b)}	DT ₉₀ ^{c)}	Days required under MRL
Lambda-cyhalothrin	Recommended	1.7	3.4	5.7	2.4
	Doubled	1.8	3.6	6.1	3.9
Deltamethrin	Recommended	1.4	2.8	4.6	2.2
	Doubled	1.4	2.8	4.6	3.1

^{a)}Time for 50% loss; ^{b)}Time for 75% loss; and ^{c)}Time for 90% loss.

Table 8. Estimated daily intake of pesticides by intake of lettuce

Pesticide	Application	DAS ^{a)}	MRL ^{b)} (mg·kg ⁻¹)	Residue (mg·kg ⁻¹)	EDI ^{c)} (mg·kg ⁻¹)	ADI ^{d)} (mg/day/man)	%ADI ^{e)}
Lambda-cyhalothrin	Recommended	0	2	4.242	0.0165	0.11	15.04
		10		0.053	0.0002		0.19
	Doubled	0		7.842	0.0306		27.80
		10		0.159	0.0006		0.56
Deltamethrin	Recommended	0	0.5	1.398	0.0055	0.55	0.99
		10		0.007	0.0000		0.00
	Doubled	0		2.111	0.0082		1.50
		10		0.011	0.0000		0.01

^{a)}Days after spraying; ^{b)}Maximum residue limit; ^{c)}EDI(estimated daily intake, mg/day/man) = Residual concentration (mg·kg⁻¹ × 3.90 g; ^{d)}ADI × 55 kg (Korean average weight); and ^{e)}%ADI = (EDI/ADI) × 100.

한 바와 같이 ADI 대비 EDI 비율은 약제 살포 직후 수확한 시료의 경우 lambda-cyhalothrin은 15.04-27.80%, deltamethrin은 0.99-1.50% 이었으며, 약제 살포 후 10일인 수확예정일의 lambda-cyhalothrin은 0.19-0.56%, deltamethrin은 0.00-0.01%로서 약제 살포 후 10일이 경과하면서 ADI의 1% 미만이 되어 해당 농약의 잔류수준은 안전한 것으로 평가되었으며, 이는 작물의 증체에 따른 희석효과 등으로 농약의 소실이 크게 증가한 것으로 판단되었다(이 등, 2008).

>> 인 / 용 / 문 / 헌

- Oh, B. Y. (2000) Assessment of pesticide residue for food safety and environment protection, *The Korean Journal of Pesticide Science* 4(4):1~11.
- Walash, M. I., F. Belal, M. E. Metwally and M. Hefnay (1993) Spectrophotometric determination of maneb and zineb and their decomposition products in some vegetables and its application to kinetic studies after greenhouse treatment, *Food Chem.* 47:411~416.
- 김대규, 김주광, 이은영, 박인영, 노현호, 박영순, 김태화, 진충우, 김광일, 윤상순, 오상균, 경기성 (2007) Pyrethroid계 살충제의 배추 중 잔류특성, *농약과학회지* 11(3):154~163.
- 김영숙, 박주황, 박종우, 이영득, 이규승, 김장익 (2002) 상추의 생산 단계별 Chlorpyrifos 및 Procymidone의 잔류허용기준 설정, *한국환경농학회지* 21(2):149-155.
- 김영숙, 박주황, 박종우, 이영득, 이규승, 김장익 (2003) Chlorpyrifos 및 Chlorothalonil의 사과 생산단계별 잔류특성, *한국환경농학회지* 22(2):130~136.
- 농림부 (2002) 농산물품질관리법 제 12조(농산물의 안전성조사).
- 국립농산물품질관리원 (2006) 2005년도 농산물 안전성조사 결과.
- 농업과학기술원 (2005) 농산물의 농약 잔류허용기준, pp. 32~339.
- 박동식, 성기용, 최규일, 허장현 (2005) Kinetic models에 의한 딸기 중 농약의 생물학적 반감기 비교와 생산단계잔류허용기준 설정, *농약과학회지* 9(3):231~236.
- 식품의약품안전청 (2006) 우리나라의 1일평균 식품섭취량 (1998-2002).
- 안설화, 이상복, 안문호, 김재덕 (2007) 경엽 및 관주처리에 따른 배추 중 Trifloxystrobin의 안전성 평가, *농약과학회지* 11(1):27~31.
- 이은영, 김대규, 박인영, 노현호, 박영순, 김태화, 진충우, 김광일, 윤상순, 오상균, 경기성 (2008) 비닐하우스 재배 열갈이배추 중 Indoxacarb와 Thiamethoxam의 잔류특성 및 식이섭취량, *한국환경농학회지* 27(1):92~98.
- 이용재, 고광용, 원동준, 길근환, 이규승 (2003) 복숭아의 재배 및 저장기간 중 Procymidone, Chlorpyrifos 및 Cypermethrin의 잔류량 변화, *한국환경농학회지* 22(3):220~226.
- 한국작물보호협회 (2006) 농약사용지침서, 삼정인쇄공사. pp. 606~607, pp. 346~347.

상추 중 Lambda-cyhalothrin과 Deltamethrin의 잔류 특성

윤상순 · 심석원 · 김광일 · 안명수 · 윤택한 · 김윤정 · 황효선 · 진충우 · 한상국 · 오상균
신종호 · 진용덕¹ · 이은영² · 경기성^{2*}

충남대학교 농업생명과학대학 응용생물화학부, ¹경상대학교 농업생명과학대학 환경생명화학전공

요 약 상추의 안전한 생산을 위한 재배기간 중 농약 잔류량 변화 추이와 최종 소비단계에서의 농산물 안전성 평가 자료로 활용하기 위하여 lambda-cyhalothrin과 deltamethrin의 기준량 및 배량을 각각 상추에 살포한 후 시료를 경시적으로 채취하여 GC-ECD로 잔류 농약을 분석하였다. 시험 농약의 검출한계는 모두 0.001 mg·kg⁻¹ 이었으며 분석법의 회수율은 0.2 mg·kg⁻¹ 수준에서 101.2-104.3%, 1.0 mg·kg⁻¹ 수준에서 99.7-103.8% 이었다. 각 약제의 상추 중 잔류량은 시간이 경과함에 따라 점차 감소하는 것으로 나타났으며, lambda-cyhalothrin과 deltamethrin의 생물학적 반감기는 기준량 살포의 경우 1.7일과 1.4일, 배량 살포의 경우는 1.8일과 1.4일 이었다. Lambda-cyhalothrin과 deltamethrin의 초기 잔류량은 모두 잔류 허용기준 이상이었으나 수확예정일의 잔류농도는 모두 잔류허용기준 미만이었으며, 수확예정일의 잔류량으로 산출한 시험 농약의 ADI 대비 EDI의 비율은 기준량과 배량 처리구에서 모두 1% 미만이였다

색인어 lambda-cyhalothrin, deltamethrin, 농약잔류량, 상추