

Pyrethroid계 살충제의 배추 중 잔류특성

김대규·김주광·이은영·박인영·노현호·박영순·김태화¹·진충우²·김광일²·윤상순²·오상균²
·경기성*

충북대학교 농업생명환경대학 응용생명환경학부, ¹경북대학교 농업생명과학대학 응용생명과학부,
²국립농산물품질관리원 충북지원

(2007년 7월 30일 접수, 2007년 9월 6일 수리)

Residual Characteristics of Some Pyrethroid Insecticides in Korean Cabbage

Dae Kyu Kim, Joo Kwang Kim, Eun Young Lee, In Young Park, Hyun Ho Noh, Young Soon Park, Tae Hwa Kim¹, Chung Woo Jin², Kwang Ill Kim², Sang Soon Yun², Sang Kyun Oh², and Kee Sung Kyung* (School of Applied Life Science and Environment, College of Agriculture, Life and Environmental Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, ¹School of Applied Biosciences, College of Agriculture and Life Sciences, Kyungpook National University, Daegu 702-701, and ²Chungbuk Provincial Office, National Agricultural Products Quality Management Service, Cheongju 361-825, Korea)

Abstract : In order to elucidate the residual characteristics of some pyrethroid insecticides commonly used for Korean cabbage, such as bifenthrin, lambda-cyhalothrin and deltamethrin, the test pesticides were sprayed onto the crop at recommended rate and doubled rate of the recommendation. Their detection limits were 0.004 mg kg⁻¹ and mean recoveries at the fortification levels of 0.04 and 0.2 mg kg⁻¹ were from 95.16 to 99.32 and from 86.81 to 103.73%, respectively. Half-lives were from 2.5 to 3.6 at the recommended rate and from 2.3 to 3.9 days at the doubled rate of the recommendation. Initial residue amounts of bifenthrin and lambda-cyhalothrin at the recommended rate and doubled rate of recommendation and of deltamethrin at the recommended rate were less than their MRL, whereas, in case of deltamethrin sprayed at doubled rate of the recommendation, the residue level exceeded its MRL. However, the residue levels of the pesticides in the crop sampled at harvest were less than their maximum residue levels and the ratios of the estimated daily intake (EDI) to acceptable daily intake (ADI) for the pesticides tested calculated from the residue data at harvest were less than 7%, suggesting that these pesticides would be safe for Korean cabbage from the residue concern.

Key word : bifenthrin, lambda-cyhalothrin, deltamethrin, pesticide residue, Korean cabbage

서론

농산물의 잔류 농약 허용 기준은 농산물에 함유되어 있는 농약 잔류량을 일생동안 매일 섭취하여도 인체에 아무런 영향을 미치지 않는 수준을 감안하여 설정되므로 농약이 검출되더라도 농산물 중 농약의 잔류수준이 잔류허용기준 미만이면 그 농산물은 안전한

것으로 평가하지만 대부분의 소비자들은 잔류허용기준 초과 여부와 관계없이 농약이 검출되었다는 사실만을 부각하여 건강을 위협하는 것으로 간주하는 경향이 있다. 일반적으로 농산물에 잔류하는 농약의 양은 매우 적고 해당 농산물의 1일 섭취량을 고려하면 급성독성 측면에서 중독을 일으킬 가능성은 매우 낮다. 그러나 농산물과 식품에 잔류하는 농약은 일생동안 섭취할 수 있기 때문에 잔류 농약의 검출 빈도와 그 수준이 높아질수록 만성독성의 문제를 염려하지 않을 수 없으므로 농약 잔류량이 잔류허용기준 미만

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

Table 1. Physicochemical properties of the pesticides used

Pesticide	Chemical name (IUPAC)	Molecular weight	log P	Vapour pressure (mPa)	Solubility in water ($\mu\text{g L}^{-1}$)
Bifenthrin	2-methylbiphenyl-3-ylmethyl-=(Z)-(1 <i>RS</i> ,3 <i>RS</i>)-3-(2-chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-ethyl)-=2,2-dimethylcyclopropane=carboxylate	422.9	>6 (25°C)	0.024 (25°C)	<1
Lambda-cyhalothrin	A reaction product comprising equal quantities of (S)- α -cyano-3-phenoxy-benzyl-(Z)-(1 <i>R</i> ,3 <i>R</i>)-3-(2-chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-enyl)-2,2-dimethylcyclopropane-carboxylate and (R)- α -cyano-3-phenoxy-benzyl-(Z)-(1 <i>S</i> ,3 <i>S</i>)-3-(2-chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-enyl)-2,2-dimethylcyclopropane-carboxylate	449.9	2.9 (20°C)	0.001 (20°C)	5
Deltamethrin	(S)- α -cyano-3-phenoxy-benzyl-(1 <i>R</i> ,3 <i>R</i>)-3-(2,2-dibromovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate	505.2	4.6 (25°C)	1.24×10^{-5} (25°C)	<0.2

이 되도록 생산단계에서부터 철저히 관리하여야 할 필요성이 있다 (식품의약품안전청, 2004).

농산물 중 농약 잔류량이 허용기준을 초과하는 경우 소비자가 이용하기 전에 조치를 취함으로써 농산물의 안전성을 확보할 필요성이 있으나 대부분의 농산물은 소비 특성상 시중에서 유통 또는 판매되는 시점에서 농약의 안전성 평가가 이루어지므로 모든 농산물에 대한 안전성이 최종 소비자에게 판매되기 전에 평가하는 것은 여러 현실적인 어려움이 있다. 이를 해결하기 위해서는 출하 전 재배단계에서 수확 농산물 중 잔류농약의 잔류허용기준 초과 여부를 정확히 평가할 수 있는 시스템을 구축하는 것이 필요하다. 물론 농약의 잔류수준은 작물의 생육단계와 재배 조건 등 여러 요인에 따라 달라질 수 있으나 다양한 포장시험의 결과를 종합적으로 분석한 결과를 토대로 하여 농산물의 출하 단계별로 농약의 잔류수준을 예측할 수 있는 시스템을 구축하게 되면 출하 전에 농산물 중 잔류농약의 예상 잔류량을 산출할 수 있으므로 농민은 잔류허용기준을 초과하지 않는 농산물을 출하할 수 있고 소비자는 안전한 농산물을 공급 받을 수 있다 (이 등, 1990; 이, 1997; 김 등, 2002; 고 등, 2003; 김 등, 2003; 이 등, 2003).

따라서 이 연구에서는 배추에 등록되어 사용 중인

pyrethroid계 살충제인 bifenthrin, lambda-cyhalothrin, deltamethrin의 배추 중 잔류특성을 구명하여 작물의 재배 단계별로 농약 잔류량의 예측이 가능한 모델을 설정하는데 필요한 기초자료를 얻기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

시험농약

Pyrethroid계 살충제인 bifenthrin(표준품 순도 99.0%), lambda-cyhalothrin(표준품 순도 98.5%), deltamethrin(표준품 순도 99.6%)을 시험농약으로 사용하였으며, 각 농약의 이화학적특성은 Table 1에, 화학구조식은 Fig 1에 제시하였다(Tomlin, 2003).

살포용 농약은 청주 소재 농약상에서 구매하여 사용하였으며, 해당 농약의 안전사용기준에 따라 조제한 표준희석살포용액(기준량)과 표준희석살포용액의 2배 농도로 조제한 살포용액(배량)을 수확예정 10일 전인 2006년 7월 25일에 배부식 분무기로 120 L 10 a⁻¹의 살포율로 정식 27일 후 열갈이배추에 균일하게 살포하였다.

실험에서 사용된 농약의 종류와 안전사용기준 그리고 잔류허용기준(maximum residue limit, MRL)은 Table 2와 같다(농업과학기술원, 2005; 한국작물보호협회,

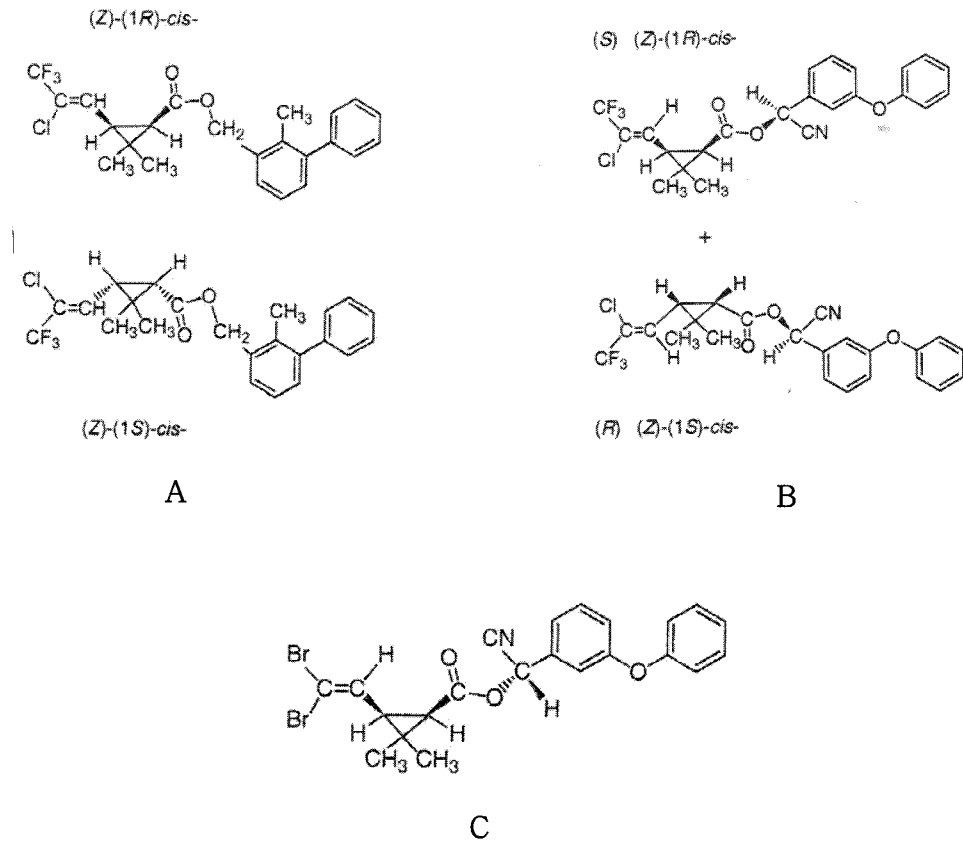


Fig. 1. Chemical structure of the pesticides used.
A, bifenthrin; B, lambda-cyhalothrin; C, deltamethrin.

Table 2. Pesticide products for spraying and their safe use guidelines and maximum residue limits

Pesticide	Formulation type	A.I. ^{a)} contents (%)	Dilution (product, g or mL, in 20 L water)	Safe use guidelines		MRL ^{d)} (mg kg ⁻¹)
				PHI ^{b)} (day)	MAF ^{c)} (time)	
Bifenthrin	EC ^{e)}	1	20	7	3	0.5
Lambda-cyhalothrin	WP ^{f)}	1	20	5	3	1.0
Deltamethrin	EC	1	13	7	3	0.5

^{a)}Active ingredient; ^{b)}pre-harvest interval; ^{c)}maximum application frequency; ^{d)}maximum residue limit; ^{e)}emulsifiable concentrate; ^{f)}wettable powder.

2006).

시험작물 및 작물재배

얼갈이배추(*Brassica campestris* L.)는 청주시 소재 육묘장에서 구입하여 사용하였으며, 품종은 실록엇갈이이었다. 얼갈이배추의 재배는 충북 청주시 상당구 사천동 소재 비닐하우스를 임차하여 관행법에 따라 재배하였다. 길이 40 m × 폭 6 m의 시험포장에 시험

구를 약제처리별로 3반복 배치하고 교차오염을 방지하기 위하여 1.8 × 1.5 m의 완충지대를 설치하였으며, 재식거리는 20 × 20 cm이었다. 또한 시험기간 중 비닐하우스내 온도 및 습도를 측정하기 위하여 T&D사의 Thermo Recorder(Model TR-72S)를 이용하여 1시간 간격으로 온도와 습도를 측정하였다. 작물재배 토양의 이화학적 특성은 Table 3에 나타내었다.

Table 3. Physicochemical properties of the field soil

pH (1:5, H ₂ O)	Organic matter (%)	CEC mmol(+) kg soil ⁻¹	Particle size distribution (%)			Texture
			Sand	Silt	Clay	
4.7	1.95	84	41.8	39.4	18.8	Clay loam

Table 4. Gas chromatographic conditions for the analysis of the pyrethroid insecticide residues

Instrument	Agilent 6890 Network, Agilent, USA for bifenthrin and deltamethrin HP 6890 Series II, Hewlett Packard, U.S.A for cyhalothrin
Column	DB-5, 30 m L. × 0.25 mm I.D., 0.25 μm film thickness for bifenthrin and deltamethrin DB-17, 30 m L. × 0.25 mm I.D., 0.25 μm film thickness for lambda-cyhalothrin
Detector	Electron capture detector
Temperature	Oven block : Initial temperature 180°C for bifenthrin and lambda-cyhalothrin, and 130°C for deltamethrin for 2 min, increased to 280°C at a rate of 5°C min ⁻¹ , maintained for 10 min. Injector : 250°C, Detector : 320°C
Flow rate (mL/min)	Carrier gas (N ₂) 1, make-up (N ₂) 60
Split ratio	30:1
Injection volume	1 μL

시료채취 및 증체율 조사

경과일수별 성장율은 약제 살포 후 0.17, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 및 12일에 각 처리구에서 12포기씩 채취하여 각각의 무게를 측정 후 Microcal사의 Origin program을 이용하여 생장곡선을 작성하였다. 무게측정이 끝난 시료는 믹서기 (HR 2084, Philips, China)로 균질화한 후 잔류농약 분석용 시료로 사용하였다.

검량선 작성 및 잔류농약 분석

잔류 농약의 정량분석을 위한 검량선은 각 농약의 표준물질을 *n*-hexane에 녹여 1,000 mg L⁻¹되게 조제한 stock solution을 *n*-hexane으로 희석하여 0.02, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, 및 5.0 mg L⁻¹이 되도록 희석한 후 1 μL씩 GLC-ECD에 주입하여 나타난 크로마토그램상의 피크 면적을 기준으로 작성하였다.

시료 중 잔류농약의 분석은 세절하여 마쇄한 시료 10 g을 300 mL tall beaker에 담고 100 mL의 acetone을 넣어 10,000 rpm에서 5분간 균질화한 후 Hyflo Super Cel medium을 통과시켜 흡인 여과하였으며, 50 mL의 acetone으로 용기 및 잔사를 씻어 앞의 여과액과 합하였다. 여과액을 100 mL의 포화식염수와 450 mL의 증류수가 들어있는 1 L 분액 여두에 옮기고 50 mL의 dichloromethane을 가한 후 Resipro shaker (SR-2W, Taitec, Japan)를 이용하여 270 rpm에서 5분간 진탕하는 방법으로 2회 분배추출하였으며, dichloro-

methane 분배액을 무수 sodium sulfate로 탈수하여 3 5°C에서 감압농축 하였다.

130°C에서 5시간 이상 활성화한 Florisil 5 g을 glass column (1 cm ID×22 cm L.)에 건식 충전한 후 약 2 g의 무수 황산나트륨을 florisil 상부에 넣고 *n*-hexane 50 mL로 세척하여 안정화 시킨 column에 농축시료를 5 mL의 *n*-hexane으로 녹여 column 상부에 가하여 흘러버리고 *n*-hexane:dichloromethane (80:20, v/v)의 혼합용매 50 mL를 흘러버렸으며, 연속하여 *n*-hexane:dichloromethane:acetonitrile (49.65:50:0.35, v/v/v) 50 mL로 농약 성분을 용출하여 35°C에서 감압농축 하였다. 농축 건조된 시료는 2 mL의 *n*-hexane에 재용해한 후 GLC-ECD로 분석하였으며, 시험농약의 기기분석조건은 Table 4와 같다.

회수율시험

무처리 열갈이배추 10 g에 각 농약의 표준용액을 검출한계의 10배와 50배가 되도록 처리한 후 잔류농약 분석을 위한 시료의 조제 방법과 동일하게 분석하여 회수율 구하였다.

생물학적 반감기산출 및 생산기간 중 잔류농도 예측
생물학적 반감기는 경시적 농약잔류량을 근거로 하여 Microsoft사의 Microsoft Excel을 이용하여 지수 곡선식으로 산출하였다. 이 때 사용한 잔류농약의 반감

Table 5. Recoveries and limits of detection (LOD) of the pesticide residues in Korean cabbage

Pesticide	Fortification level (mg kg ⁻¹)	Recovery±SD ^{a)} (%)	Coefficient of variation	MDA ^{b)} (ng)	Limit of detection (mg kg ⁻¹)
Bifenthrin	0.04	95.16±3.65	3.83	0.02	0.004
	0.20	89.54±2.87	3.21		
Lambda-cyhalothrin	0.04	96.63±4.29	4.44	0.02	0.004
	0.20	86.81±0.24	0.27		
Deltamethrin	0.04	99.32±1.19	1.20	0.02	0.004
	0.20	103.73±2.04	1.97		

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

Table 6. Linear equations of calibration curve for the quantification of the pesticide residues in Korean cabbage

Pesticide	Linear equation	r
Bifenthrin	y=2112.1x+1.0666	0.9999
Lambda-cyhalothrin	y=39190x-1787.1	0.9992
Deltamethrin	y=4834.4x+150.25	0.9993

기는 kinetic model에 근거하여 소실률이 시간(t)의 경과에 따라 농도(C)에 의존하는 first order kinetics model에 의하여 산출하였다 (박 등, 1995; 박 등, 2005).

잔류농약의 ADI 대비 식이 섭취율 산출

얼갈이배추에 대한 시험농약의 식이섭취량인 EDI (estimated daily intake)와 ADI (acceptable daily intake)를 기준으로 산출한 식이섭취율은 다음 식으로부터 구하였다. 이 때 얼갈이배추의 일일섭취량(daily food intake)은 얼갈이배추에 대한 자료가 없어 배추의 섭취량인 70.63 g(식품의약품안전청, 2006)을 적용하였으며, ADI는 한국인의 평균체중인 55 kg을 적용하였다.

- 식이섭취량 EDI(estimated daily intake, mg/day/man)
= 잔류농도(mg kg⁻¹) × 0.103 kg
- 성인의 일일섭취허용량 = ADI × 55 kg
- ADI대비 식이섭취율 = (식이섭취량/일일섭취허용량) × 100

결과 및 고찰

분석법의 회수율 및 검출한계

잔류 분석법의 적정성을 판단하기 위하여 실시한 회수율과 검출 한계는 Table 5에서 보는 바와 같이 bifenthrin과 lambda-cyhalothrin 및 deltamethrin의 검출 한계(limit of detection, LOD)는 모두 0.004 mg kg⁻¹이

었다. Bifenthrin의 회수율은 0.04 mg kg⁻¹과 0.2 mg kg⁻¹ 수준에서 각각 95.16±3.65 (CV=3.83%)와 89.54±2.87% (CV=3.21%)이었으며, lambda-cyhalothrin의 경우는 각각 96.63±4.29 (CV=4.44%)와 86.81±0.24% (CV=0.27%)이었다. 또한 deltamethrin의 회수율은 99.32±1.19 (CV=1.20%)와 103.73±2.04 (CV=1.97%)이었다.

정량분석용 검량선

농도별 시험농약의 표준물질을 분석하여 얻은 검량선(calibration curve)의 직선식(linear equation)과 상관계수(r)는 Table 6에서 보는 바와 같이 시험농약의 검량선은 모든 농약에서 직선성이 양호하였다.

얼갈이배추의 증체율과 기상조건

약제 살포 후 경시적으로 채취한 얼갈이배추의 무게를 측정하고 경과일수별 증체율을 측정한 결과 bifenthrin과 lambda-cyhalothrin 및 deltamethrin 처리구에서 각각 185.26±1.84%와 216.48±2.23% 및 226.26±2.33% 증체되어 평균 증체율은 약 209%이었다 (Fig 2). 또한 시험기간 중 시설하우스 내 온도와 습도는 18.7~37.4°C와 39~99% 범위 이었다.

경시적 농약잔류 특성

얼갈이배추에 살포한 농약의 경시적 잔류량 변화는 Fig 3에, 수확예정일의 잔류량과 소실율은 Table 7에 제시하였다. Bifenthrin의 초기 잔류량은 기준량과 배량 처리구에서 모두 잔류허용기준(MRL)인 0.5 mg

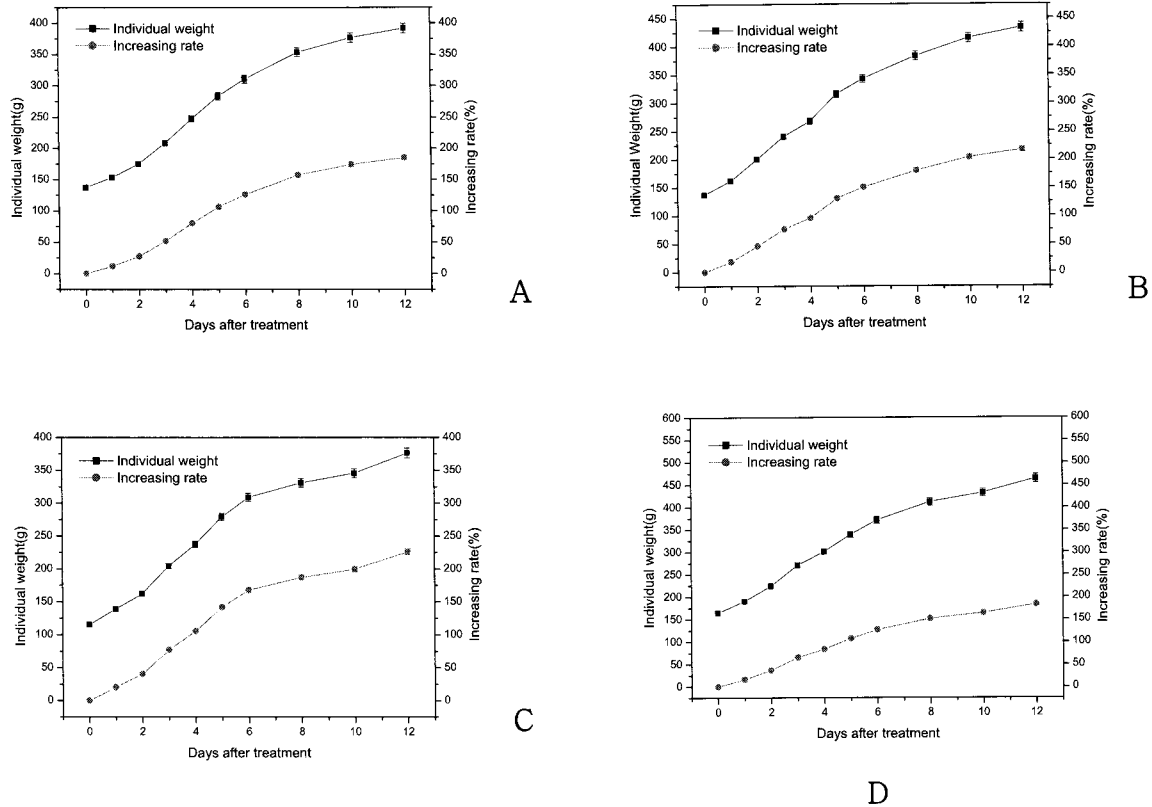


Fig. 2. Growth rate of Korean cabbage during the experimental periods.
A, bifenthrin; B, lambda-cyhalothrin; C, deltamethrin; D, average.

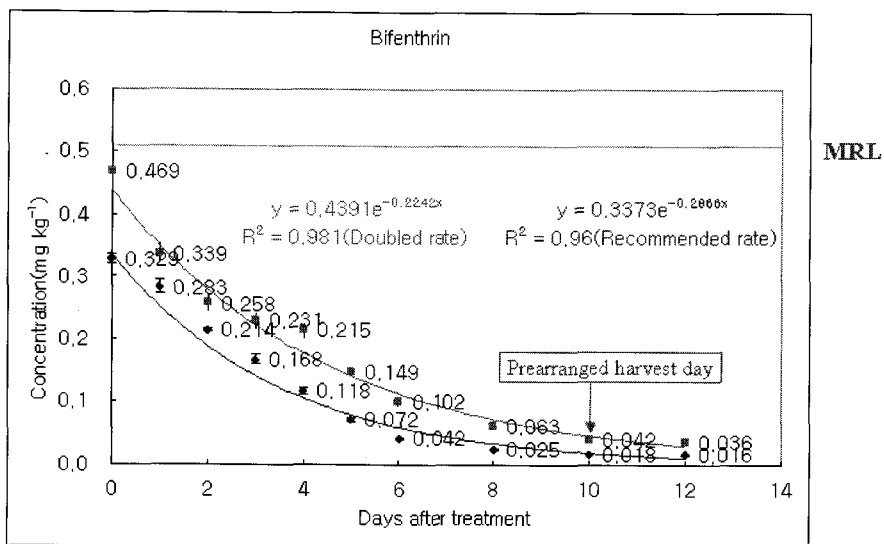
Table 7. Dissipation rate of the pesticide residues in/on Korean cabbage at 10 days of the prearranged harvest after spraying

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)} (%)
Bifenthrin	Recommended	0.5	0.329	0.018	3.53	94.53
	DOR ^{d)}		0.469	0.042	8.32	91.05
Lambda-cyhalothrin	Recommended	1.0	0.360	0.039	3.91	89.17
	DOR		0.696	0.105	10.55	84.91
Deltamethrin	Recommended	0.5	0.281	0.025	5.02	91.10
	DOR		0.625	0.031	5.46	95.04

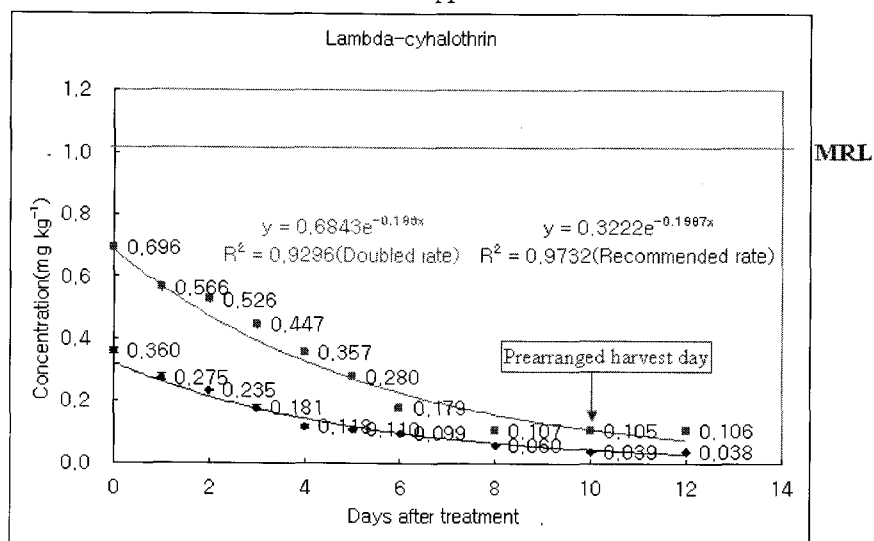
^{a)}Maximum residue limit; ^{b)}Calculated from the equation, (concentration at harvest/MRL)×100; ^{c)}Calculated from the equation, (concentration at day 0-concentration at harvest)×100/concentration at day 0; ^{d)}Doubled rate of the recommendation.

kg⁻¹ 미만이었다. 또한 수확 예정일에서의 소실률 (dissipation rate)은 기준량과 배량 처리구에서 각각 94.53과 91.05%이었으며, 수확예정일의 농도는 MRL의 3.53과 8.32% 수준으로 안전한 것으로 평가되었다. Lambda-cyhalothrin의 초기 잔류량은 기준량과 배량 처리구에서 모두 MRL인 1.0 mg kg⁻¹ 미만이었다. 또한 수확예정일에서의 소실률은 기준량과 배량 처리구

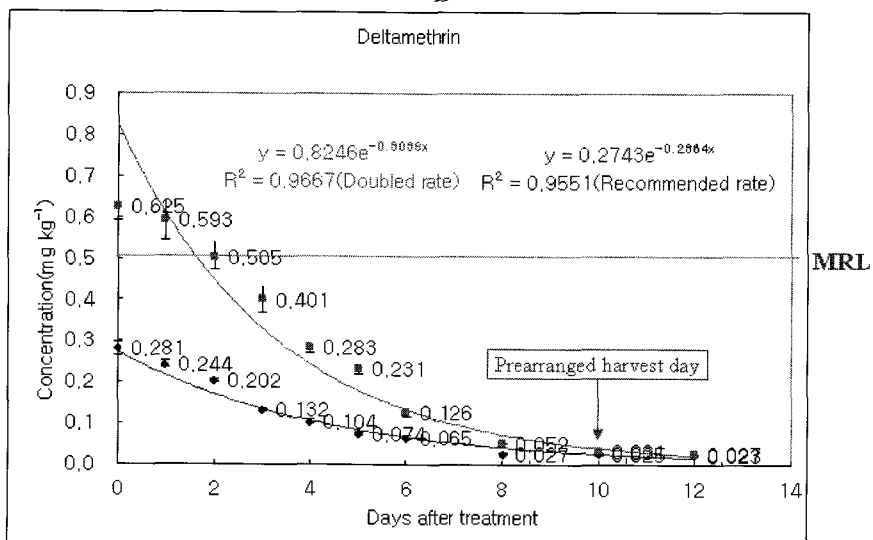
에서 각각 89.17과 84.91%이었으며, 수확예정일의 농도는 MRL의 3.91과 10.55% 수준으로 안전한 것으로 평가되었다. Deltamethrin의 초기 잔류량은 기준량 처리구에서는 MRL인 0.5 mg kg⁻¹ 미만이었으나 배량 처리구에서는 MRL을 초과하였다. 수확예정일에서의 소실률은 기준량과 배량 처리구에서 각각 91.10과 95.04%이었으며, 수확예정일의 농도는 MRL의 5.02과



A



B



C

Fig. 3. Dissipation of bifenthrin (A), lambda-cyhalothrin (B) and deltamethrin (C) sprayed onto Korean cabbage under greenhouse conditions.

5.46% 수준으로 안전한 것으로 평가되었다.

이상에서 보는 바와 같이 약제 살포 10일 후의 잔류농도가 매우 안전한 수준으로 감소한 것은 시험기간 중 증체율이 약 209%인 점을 감안하면 작물의 증체에 의한 희석효과도 중요한 요인으로 판단되었다.

생물학적 반감기 산출 및 재배기간 중 잔류농도 예측
 열갈이배추에 살포한 시험농약의 소실 곡선식은 Fig 3에 제시하였다. Bifenthrin의 소실 곡선식은 기준량과 배량 처리구에서 각각 $y=0.3373e^{-0.2866x}$ ($r^2=0.96$)와 $y=0.4391e^{-0.2242x}$ ($r^2=0.98$)이었으며, 소실곡선식에 의한 반감기는 기준량과 배량 처리구에서 각각 2.5일과 3.1일이었다. Lambda-cyhalothrin의 소실 곡선식은 기준량과 배량 처리구에서 각각 $y=0.3222e^{-0.1987x}$ ($r^2=0.97$)와 $y=0.6843e^{-0.183x}$ ($r^2=0.93$)이었으며, 반감기는 기준량과 배량 처리구에서 각각 3.6일과 3.9일이었다. Deltamethrin은 소실 곡선식은 기준량과 배량 처리구

에서 각각 $y=0.2743e^{-0.2364x}$ ($r^2=0.96$)과 $y=0.8246e^{-0.3039x}$ ($r^2=0.97$)이었으며, 반감기는 각각 2.9일과 2.3일이었다.

소실 곡선식을 이용하여 시험농약의 DT₅₀, DT₇₅ 및 DT₉₀을 산출한 결과는 Table 8에서 보는 바와 같이 살포된 농약이 75%와 90%가 분해되는데 걸린 기간은 각각 약 5~8일과 8~13일이었다. 또한 초기 잔류량이 MRL을 초과한 deltamethrin의 배량 처리구의 농약 잔류수준이 MRL 이하가 되는 기간은 약 2일 이하로 수확 예정일인 약제 살포 후 10일에는 극히 적은 양이 잔류하는 것을 알 수 있었다. 결과적으로 농약의 안전 사용기준에 따라서 약제를 살포할 경우 약제 모두 약 4일안에 50%이상 분해되었다.

잔류농약의 ADI대비 식이섭취율 산출

열갈이배추에 대한 시험 농약의 식이섭취량인 EDI와 일일섭취허용량(ADD)를 활용하여 식이섭취율을 산출한 결과는 Table 9에 제시한 바와 같이 ADI 대비

Table 8. DT₅₀, DT₇₅, and DT₉₀ of the pesticides in Korean cabbage under green house condition

Pesticide	Application rate	DT ₅₀ ^{a)}	DT ₇₅ ^{b)}	DT ₉₀ ^{c)}
Bifenthrin	Recommended	2.5	5.0	8.3
	DOR ^{d)}	3.1	6.3	10.4
Lambda-cyhalothrin	Recommended	3.6	7.1	11.8
	DOR	3.9	7.7	12.8
Deltamethrin	Recommended	2.9	5.9	9.7
	DOR	2.3	4.6	7.6

^{a)}Time for 50% loss; ^{b)}Time for 75% loss; ^{c)}Time for 90% loss; ^{d)}Doubled rate of the recommendation.

Table 9. Estimated daily intake of pesticides by intake of Korean cabbage

Pesticide	Application	DAS ^{a)}	MRL ^{b)} (mg kg ⁻¹)	Residue (mg kg ⁻¹)	EDI ^{c)} (mg/day/man)	ADI ^{d)} (mg/day/man)	% ADI ^{e)}
Bifenthrin	Recom-mended	0	0.5	0.329	0.0232	1.1	2.11
		10		0.018	0.0013		0.12
	DOR ^{f)}	0		0.469	0.0331		3.01
		10		0.042	0.0030		0.27
Lambda-cyhalothrin	Recom-mended	0	1.0	0.360	0.0254	0.11	23.12
		10		0.039	0.0028		2.50
	DOR ^{f)}	0		0.696	0.0492		44.69
		10		0.105	0.0074		6.74
Deltamethrin	Recom-mended	0	0.5	0.280	0.0198	0.55	3.60
		10		0.020	0.0014		0.26
	DOR ^{f)}	0		0.640	0.0452		8.22
		10		0.030	0.0021		0.39

^{a)}Days after spraying; ^{b)}Maximum residue limit; ^{c)}EDI (estimated daily intake, mg/day/man) = Residual concentration (mg kg⁻¹)×70.63 g; ^{d)}ADI×55 kg (Korean average weight); ^{e)}% ADI=(EDI/ADI)×100; ^{f)}Doubled rate of the recommendation.

EDI 비율은 약제 살포 직후 수확한 시료의 경우 bifenthrin은 2.1~3.0%, lambda-cyhalothrin은 23.1~44.7%, deltamethrin은 3.6~8.2%이었으며, 수확예정일인 수확 후 10일에 수확한 시료의 경우 bifenthrin은 0.1~0.3%, lambda-cyhalothrin은 2.5~6.7%, deltamethrin은 0.3~0.4%로서 약제 살포 후 10일이 경과하면서 ADI의 10% 미만이 되어 각 농약의 잔류수준은 안전한 것으로 평가되었으며, 이는 작물의 증체에 따른 회석효과 등으로 인하여 농약의 소실이 크게 증가한 것으로 판단되었다.

감사의 글

이 연구는 2006년 국립농산물품질관리원의 생산단계 농산물의 잔류농약 허용기준 설정연구의 연구비 지원으로 수행된 결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

인용문헌

- Tomlin, C. D. S. (2003) In the Pesticide Manual (13th Edition), British Crop Protection Council, Surrey. UK. pp.88~89, pp.233~235, pp.271~272.
- 고광용, 이용재, 원동준, 박혜진, 이규승 (2003) 들깨 잎의 재배 및 저장기간 중 Procymidone 및 Bifenthrin의 잔류량 변화, 한국환경농학회지 22(1):47~52.
- 김영숙, 박주황, 박종우, 이영득, 이규승, 김장억 (2002) 상추의 생산단계별 Chlorpyrifos 및 Procymidone의 잔류허용기준 설정, 한국환경농학회지 21(2):149~155.
- 김영숙, 박주황, 박종우, 이영득, 이규승, 김장억 (2003) Chlorpyrifos 및 Chlorothalonil의 사과 생산단계별 잔류특성, 한국환경농학회지 22(2):130~136.
- 농업과학기술원 (2005) 농산물의 농약 잔류허용기준, pp.32~339.
- 박동식, 양재의, 한대성 (1995) Benfuresate와 Oxolinic Acid의 작물체 중 잔류량 평가, 한국환경농학회지 14(3):312~318.
- 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).
- 식품의약품안전청 소비자안전센터 식의약안전팀 (2004) 채소류의 잔류농약 안전실태조사, pp.1~8.
- 이강봉, 조일규, 심재한, 서용택 (1990) Chlorothalonil의 참깨 및 토양 중 잔류소장에 관한 연구, 한국환경농학회지 9(1):15~22.
- 이규승 (1997) 농업 생태계에 대한 잔류농약의 영향 평가, 한국환경농학회지 16(1):80~93.
- 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.352~353, pp.368~369, pp.416~418.

Pyrethroid계 살충제의 배추 중 잔류특성
김대규 · 김주광 · 이은영 · 박인영 · 노현호 · 박영순 · 김태화¹ · 진총우² · 김광일² · 윤상순² · 오상균² · 경기성*

 충북대학교 농업생명환경대학 응용생명환경학부, ¹경북대학교 농업생명과학대학 응용생명과학부, ²국립농산물품질관리원 충북지원

요약 : 우리나라 배추에 등록되어 사용중인 pyrethroid계 살충제 중 bifenthrin과 lambda-cyhalothrin 및 deltamethrin의 열갈이배추 중 경시적 잔류특성을 구명하기 위하여 시험 농약을 기준량과 배량으로 살포한 후 시료를 경시적으로 채취하여 잔류농약을 분석하였다. 시험농약의 검출한계는 모두 0.004 mg kg⁻¹이었으며, 평균 회수율은 0.04 mg kg⁻¹에서 95.16-99.32%, 0.20 mg kg⁻¹에서 86.81-103.73%이었다. 시험농약의 반감기는 기준량 처리구에서는 2.5-3.6일, 배량 처리구에서는 2.3-3.9일 이었다. Bifenthrin과 lambda-cyhalothrin의 기준량과 배량 처리구 및 deltamethrin의 기준량 처리구의 살포직후 농도는 잔류허용기준 미만이었으나 deltamethrin의 배량 처리구에서는 잔류허용기준을 초과하였다. 그러나 수확예정일의 시료중 시험농약의 농도는 모두 잔류허용기준 미만이었으며, 수확예정일의 잔류량으로 산출한 시험농약의 ADI 대비 EDI의 비율이 기준량과 배량 처리구에서 모두 7% 미만으로 안전한 것으로 평가되었다.

 색인어 : bifenthrin, lambda-cyhalothrin, deltamethrin, 잔류농약, 배추
