

## 비닐하우스 재배 열갈이배추 중 Indoxacarb와 Thiamethoxam의 잔류특성 및 식이섭취량

이은영 · 김대규 · 박인영 · 노현호 · 박영순 · 김태화<sup>1)</sup> · 진충우<sup>2)</sup> · 김광일<sup>2)</sup> · 윤상순<sup>2)</sup> · 오상균<sup>2)</sup> · 경기성\*  
충북대학교 농업생명환경대학 응용생명환경학부, <sup>1)</sup>경북대학교 농업생명과학대학 응용생명과학부, <sup>2)</sup>국립농산물품질관리원 충북지원  
(2008년 3월 17일 접수, 2008년 3월 27일 수리)

### Residue Patterns of Indoxacarb and Thiamethoxam in Chinese Cabbage (*Brassica campestris* L.) Grown under Greenhouse Conditions and Their Estimated Daily Intake

Eun Young Lee, Dae Kyu Kim, In Young Park, Hyun Ho Noh, Young Soon Park, Tae Hwa Kim<sup>1)</sup>, Chung Woo Jin<sup>2)</sup>, Kwang Ill Kim<sup>2)</sup>, Sang Soon Yun<sup>2)</sup>, Sang Kyun Oh<sup>2)</sup>, and Kee Sung Kyung\* (School of Applied Life Science and Environment, College of Agriculture, Life and Environmental Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, <sup>1)</sup>School of Applied Biosciences, College of Agriculture and Life Sciences, Kyungpuk National University, Daegu 702-701, and <sup>2)</sup>Chungbuk Provincial Office, National Agricultural Products Quality Management Service, Cheongju 361-825, Korea)

**ABSTRACT:** This experiment was carried out to investigate the residue patterns of two insecticides, indoxacarb and thiamethoxam, commonly used for Chinese cabbage, under greenhouse conditions. The pesticides were sprayed onto Chinese cabbage at the recommended dose and double of the recommended dose 10 days before the prearranged harvest and then sampling was done at 0.17, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, and 12 days after spraying. The amounts of their residues in the crop were analyzed with an HPLC. The limit of detection (LOD) of both indoxacarb and thiamethoxam was 0.01 mg kg<sup>-1</sup> and mean recoveries of indoxacarb and thiamethoxam were from 97.91 to 104.36% and from 97.07 to 105.49%, respectively. Half-lives of indoxacarb and thiamethoxam were 3.4 and 2.3 days at the recommended dose and 3.3 and 3.5 days at the doubled dose, respectively. The ratios of the EDI to ADI by intake the crop harvested 10 days after spraying were less than 4% of their ADIs.

**Key Words:** Indoxacarb, Thiamethoxam, Estimated daily intake, Acceptable daily intake, DT<sub>50</sub>

### 서 론

현재 농산물은 소비특성상 시중에서 유통 또는 판매되는 시점에서 농약의 안전성을 평가하는 것이 일반적이거나 잔류허용기준을 초과한 농산물을 소비자가 이용하기 전에 농산물 중 농약의 잔류허용기준 초과여부를 판단하여 농산물의 안전성을 확보하는 것이 매우 중요하다. 농산물의 생육 단계별 농약의 잔류 수준을 평가함으로써 생산자는 생산단계에서 농약을 합리적으로 사용 할 수 있을 뿐 아니라 농산물의 출하연

기, 용도 전환 그리고 폐기 등의 피해를 최소화할 수 있고 소비자는 안전한 농산물을 공급 받을 수 있게 될 것이다.<sup>1-4)</sup> 하지만 현행 작물에 대한 농약 잔류성 시험은 수확전 농약살포 횟수와 살포일의 조합에 따라 농약을 살포한 후 수확한 농산물 중 잔류량을 농약 등록의 기초 자료로 활용하기 때문에 작물의 생육기간 중 농약 잔류량의 변화를 예측하기가 어려운 실정이므로 이러한 문제점을 보완하기 위해서는 재배기간 중 농약잔류량의 변화에 근거한 합리적인 회귀식과 반감기를 산출하여 출하 시점까지의 잔류량을 예측할 수 있는 방법이 필요하다.<sup>5)</sup>

배추는 김치의 주원료로서 우리나라에서 가장 많이 이용되는 채소로 수분함량이 매우 높고 칼슘과 비타민 C 및 섬유질이 풍부한 채소이다. 이는 비닐하우스 등 시설재배를 통한

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

연중생산체계가 확립되어 1년 내내 생산되고 있으나 재배방법에 따라 생산이 불안정하여 매년 생산량의 차이가 크며, 가격을 많이 받기 위해 재배적기보다 빨리 또는 늦게 파종하는 경우에 추대, 병해충 발생 등이 심해 이런 문제 해결을 위해 농약사용량이 많다. 또한 가식부위인 잎이 넓어 농약 부착량이 많아 잔류량이 높은 농산물로 국립농산물품질관리원에서 안전성 취약품목으로 중점 관리하는 작물이다(원예작물재배기술, 농촌진흥청 원예연구소, <http://www.nhri.go.kr>). 배추의 이러한 소비 및 재배특성을 감안할 때, 재배시에 사용되는 농약들의 수확물 중 잔류수준의 안전성 평가는 타작물의 경우에 비하여 상대적으로 그 중요성이 크다고 할 수 있다.<sup>6,7)</sup>

이 연구에서는 현재 배추에서 검출빈도와 검출율이 높은 농약 중 살충제 indoxacarb와 thiamethoxam의 경시적 농약 잔류량의 변화를 조사하고, kinetics 해석에 따른 합리적 회귀식과 생화학적 반감기를 산출함으로써 작물생육기간 중 농약 살포 후 특정 시점에서의 잔류량을 예측하고, 이를 통해 농산물의 생산 단계별 잔류 농약의 허용기준 설정의 기초 자료로 활용 하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 시험농약

Oxadiazine계 살충제 indoxacarb(순도 99.6%)와 neonicotinoid

계 살충제인 thiamethoxam(순도 98.9%)을 시험 농약으로 사용하였으며, 각 농약의 이화학적 특성은 Table 1과 같다.<sup>8)</sup> 살포용 농약은 청주 소재 농약상에서 구매하여 사용하였으며, 해당 농약의 안전사용기준에 따라 조제한 표준희석살포용액(기준량)과 표준희석살포용액의 2배 농도로 조제한 살포용액(배량)을 수확 예정 10일 전인 2006년 7월 25일에 배부식 분무기로 120 L 10a<sup>-1</sup>의 살포율로 정식 후 27일된 열갈이배추(*Brassica campestris* L.)에 균일하게 살포하였다. 실험에서 사용된 약제의 종류와 안전사용기준 그리고 잔류허용기준(maximum residue limit, MRL)은 Table 2와 같다.<sup>9,10)</sup>

### 시험작물 및 작물재배

열갈이배추(*Brassica campestris* L., 품종명 : 실록엇갈이)는 (주)씨드텍코리아의 육묘장에서 구입하여 충북 청주시 상당구 사천동 소재 비닐하우스에서 관행법에 따라 재배하였다. 시험포장은 길이 40 m × 폭 6 m의 면적에 시험구는 약제 처리별로 3반복 배치하였고 교차오염을 방지하기 위하여 1.8 m × 1.5 m의 완충지대를 배치하였으며, 재식거리는 20 cm × 20 cm이었다. 또한 시험기간 중 비닐하우스내 온도 및 습도를 측정하기 위하여 T&D사의 Thermo Recorder (Model TR-72S)를 이용하여 1 시간 간격으로 온도와 습도를 측정하였다. 작물재배 토양의 이화학적 특성은 Table 3과 같다.

Table 1. Physicochemical properties of the pesticides used

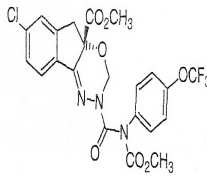
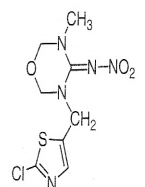
Pesticide	Chemical structure	Molecular weight	log P	Vapour pressure (mPa)	Solubility in water
Indoxacarb		527.8	4.65 (25°C)	2.5 × 10 <sup>-5</sup> (25°C)	0.2 mg/L (25°C)
Thiamethoxam		291.7	-0.13 (25°C)	6.6 × 10 <sup>-6</sup> (25°C)	4.1 g/L (25°C)

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

Pesticide	Formulation type	A.I. <sup>a)</sup> content (%)	Standard dilution rate	Safe use guideline		MRL <sup>d)</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )
				PHI <sup>b)</sup> (day)	MAF <sup>c)</sup> (time)	
Indoxacarb	WP <sup>e)</sup>	10	2,000	7	3	2.0
Thiamethoxam	WG <sup>f)</sup>	10	2,000	7	2	0.5

<sup>a)</sup>Active ingredient. <sup>b)</sup>Pre-harvest interval. <sup>c)</sup>Maximum application frequency. <sup>d)</sup>Maximum residue limit. <sup>e)</sup>Wettable powder. <sup>f)</sup>Water dispersible granule.

### 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 성장 곡선을 작성하였다. 무게측정이 끝난 시료는 blender (HR 2084, Philips, China)로 마쇄한 후 잔류 농약 분석용 시료로 사용하였다.

### 검량선 작성

잔류농약 분석을 위한 검량선은 각 농약의 표준물질을 acetonitrile에 녹여 1,000 mg L<sup>-1</sup>되게 조제한 stock solution을 acetonitrile로 희석하여 0.02, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, 5.0 및 10.0 mg L<sup>-1</sup>이 되도록 희석한 후 10 µL씩 HPLC에 주입하여 나타난 크로마토그램상의 피크면적을 기준으로 작성하였다.

### 잔류농약분석

#### Indoxacarb

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 포화 식염수와 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 분배하였으며, dichloromethane 분배액을 무수 황산나트륨으로 탈수하여 35°C에서 감압 농축 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 황산

나트륨을 Florisil 상부에 넣고 *n*-hexane 50 mL로 세척하여 활성화 시킨 column에 농축시료를 10 mL의 *n*-hexane으로 녹여 column 상부에 가하여 흘러버리고 *n*-hexane:acetone (70:30, v/v)의 혼합용매 10 mL를 흘러버렸으며, 연속하여 동 용매 35 mL로 indoxacarb를 용출하여 35°C에서 감압 농축하였다. 농축 건고된 시료는 2 mL의 acetonitrile에 재용해한 후 HPLC-DAD로 분석하였으며, 시험농약의 기기 분석조건은 Table 4와 같다.

#### Thiamethoxam

세절하여 마쇄한 시료 10 g을 300 mL tall beaker에 담고 100 mL의 methanol:water (50:50, v/v) 혼합용매를 넣고 10,000 rpm에서 3분간 균질화한 후 Hyflo Super Cel medium을 통과시켜 흡인 여과 하였으며, 50 mL의 methanol:water (50:50, v/v) 혼합용매로 용기 및 잔사를 씻어 앞의 여과액과 합한 후, 전체 양을 200 mL로 맞췄다. 이 중 100 mL를 취하여 100 mL의 포화식염수와 300 mL의 증류수가 들어있는 1 L 분액 여두에 옮기고 50 mL의 *n*-hexane을 가하여 Resipro shaker를 이용하여 270 rpm에서 5분간 진탕한 후, *n*-hexane층을 버리고 남은 수용액 층에 100 mL와 50 mL의 dichloromethane을 가하여 270 rpm에서 5분간 진탕하는 방법으로 2회 분배하여 모든 dichloromethane 분배액을 무수 황산나트륨으로 탈수하여 35°C에서 농축 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 농축된 시료를 10 mL의 *n*-hexane:acetone (60:40, v/v)의 혼합용매에 녹여 column 상부에 가하여 흘러버리고 *n*-hexane:acetone (60:40, v/v)의 혼합용매 50 mL로 washing한 후, 80 mL의 *n*-hexane:acetone

Table 3. Physicochemical properties of the field soil

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

Table 4. HPLC-DAD conditions for the analysis of the indoxacarb and thiamethoxam residues in Chinese cabbage

Instrument	HP 1100 Series High Performance Liquid Chromatograph, Hewlett Packard, U.S.A.
Column	Watchers 120, ODS-BP, 250 × 4.6 mm (5 µm)
Detector	Diode array detector (DAD)
Detector wavelength	310 nm for indoxacarb 255 nm for thiamethoxam
Mobile phase	Water:Acetonitrile (20:80, v/v) for indoxacarb Water:Acetonitrile (50:50, v/v) for thiamethoxam
Flow rate	1 mL/min for indoxacarb 0.5 mL/min for thiamethoxam
Injection vol.	10 µL

(60:40, v/v)의 혼합용매로 thiamethoxam을 용출하여 35°C에서 감압농축하였다. 농축 건고된 시료는 2 mL의 acetonitrile에 재용해한 후 HPLC-DAD로 분석하였으며, 시험농약의 기기분석조건은 Table 4와 같다.

### 회수율시험

무처리 열갈이배추 10 g에 각 농약 표준용액을 검출한계의 10배와 50배가 되도록 처리한 후 시료의 조제 방법과 동일하게 조제 및 분석하여 회수율을 구하였다.

### 생물학적 반감기산출 및 생육기간 중 잔류농도 예측

생물학적 반감기는 Microsoft사의 Microsoft Excel을 이용하여 지수 곡선식으로 산출하였다. 이때 사용한 잔류농약의 반감기는 kinetic model에 근거하여 소실률이 시간(t)의 경과에 따라 농도 (C)에 의존하는 first order kinetics model에 의하여 산출하였다.<sup>11,12)</sup> 또한 작물 생육기간 중 농약잔류량은 앞서 구한 회귀곡선식을 이용하여 예측하였다.

### 잔류농약의 ADI대비 식이섭취율 산출

열갈이배추에 대한 시험농약의 식이섭취량인 EDI(estimated daily intake)와 ADI (acceptable daily intake)를 기준으로 산출한 식이섭취율은 다음 식으로부터 구하였다. 이 때 배추의 일일섭취량 (daily food intake)은 70.63 g<sup>13)</sup>, ADI는 한국 성인의 평균체중인 55 kg을 적용하였다.

- EDI(estimated daily intake, mg/day/man) = 잔류농도 (mg kg<sup>-1</sup>) × 70.63 g
- 성인의 일일섭취허용량 = ADI × 55 kg
- ADI대비 식이섭취율 = (식이섭취량/일일섭취허용량) × 100

## 결과 및 고찰

### 분석법의 회수율 및 검출한계

잔류 분석법의 회수율과 검출한계는 Table 5에 제시한 바

와 같이 indoxacarb와 thiamethoxam의 회수율은 0.1 mg kg<sup>-1</sup>과 0.5 mg kg<sup>-1</sup> 수준에서 각각 104.36±1.24 (CV=1.18%)와 105.49±1.08% (CV=1.03%), 97.91±2.39 (CV=2.44%)와 97.07±1.42% (CV=1.47%)로서 시험농약 모두 97.07-105.49%로 양호하였으며, 시험법의 검출한계는 0.01 mg kg<sup>-1</sup>이었다.

### 시험농약의 검량선

시험농약의 농도별 표준물질을 분석하여 얻은 검량선(calibration curve)의 직선식(linear equation)과 상관계수(r)는 Table 6에서 보는 바와 같으며, 시험농약에 대한 검량선의 직선성은 양호하였다.

### 열갈이배추의 증체율과 기상조건

약제살포 후 경시적으로 채취한 열갈이배추의 경과일별 증체율을 측정된 결과는 Fig. 1에서와 같이 indoxacarb와 thiamethoxam은 각각 182.03±1.71%와 150.34±1.51% 증체되었다. 또한 시험 기간 중 시설 하우스내 온도와 습도는 18.7-37.4°C와 39-99% 범위이었다.

### 경시적 농약잔류 특성

열갈이배추에 살포한 농약의 경시적 잔류량 변화는 Fig. 2에, 수확예정일의 잔류량과 소실율은 Table 7에 제시하였다. Indoxacarb의 초기 잔류량은 기준량과 배량 처리구에서 각각 1.401과 2.945 mg kg<sup>-1</sup>으로 기준량 처리구에서는 MRL인 2.0 mg kg<sup>-1</sup>이내이었으나 배량 처리구에서는 MRL을 초과하였다. 수확 예정일에서의 소실률은 기준량과 배량 처리구에서 각각 86.15와 87.64%이었으며, 수확 예정일의 농도는 MRL의 9.687과 18.192% 수준이었다. Thiamethoxam의 초기 잔류량은 기준량과 배량 처리구에서 각각 0.649와 1.026 mg kg<sup>-1</sup>으로 두 처리구 모두 MRL인 0.5 mg kg<sup>-1</sup>을 초과하였으나 수확 예정일에는 MRL이하이었다. 수확 예정일에서의 소실률은 기준량과 배량 처리구에서 각각 86.60와 87.04%이었으며, 수확 예정일의 농도는 각각 MRL의 6.19과 26.64% 수준

Table 5. Recoveries and limits of detection (LODs) of the pesticide residues in Chinese cabbage

Pesticide	Fortification level (mg kg <sup>-1</sup> )	Recovery±SD <sup>a)</sup> (%)	MDA <sup>b)</sup> (ng)	Limit of detection (mg kg <sup>-1</sup> )
Indoxacarb	0.10	104.36±1.24	0.5	0.01
	0.50	105.49±1.08		
Thiamethoxam	0.10	97.91±2.39	0.5	0.01
	0.50	97.07±1.42		

<sup>a)</sup>Mean values of triplicate samples with standard deviation. <sup>b)</sup>Minimum detectable amount.

Table 6. Linear equations of calibration curves for the quantification of the pesticide residues in Chinese cabbage

Pesticide	Linear equation	r
Indoxacarb	y=2.5185x+1.0461	0.9998
Thiamethoxam	y=6.8645x+0.8178	1

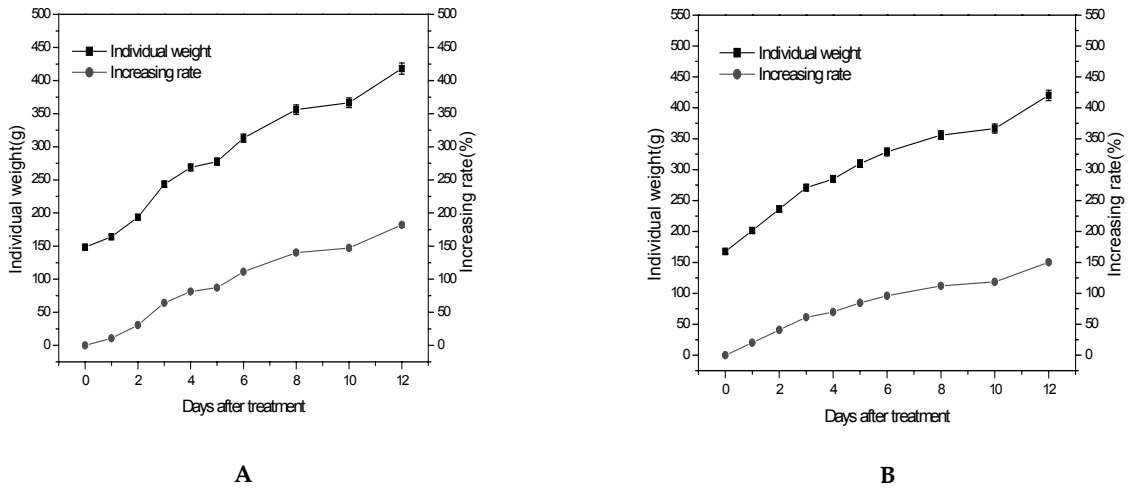


Fig. 1. Growth rates of Chinese cabbage treated with indoxacarb (A) and thiamethoxam (B) during the experimental periods.

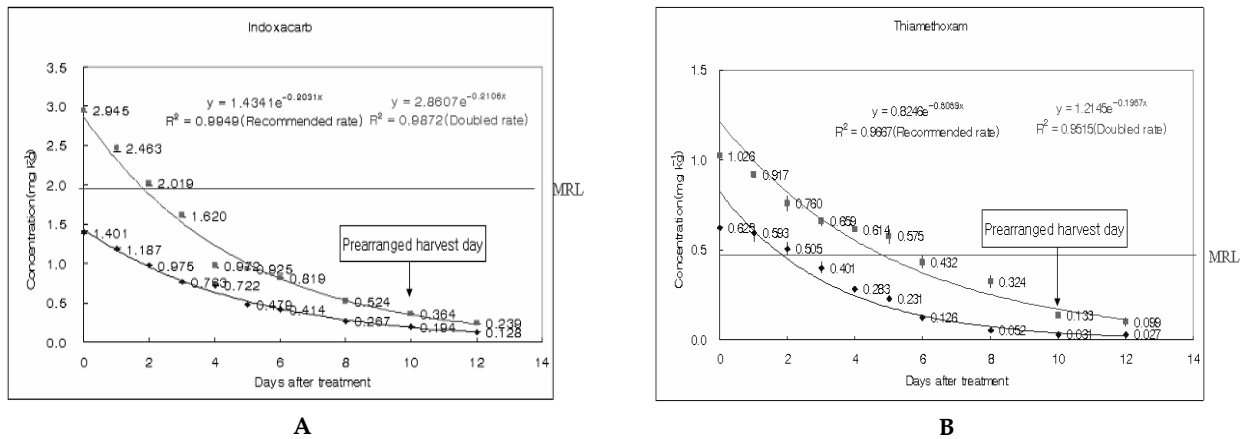


Fig. 2. Dissipation of indoxacarb (A) and thiamethoxam (B) in Chinese cabbage under greenhouse conditions.

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

Pesticide	Application rate	MRL <sup>a)</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	Initial concentration (mg kg <sup>-1</sup> )	Concentration at harvest (mg kg <sup>-1</sup> )	% MRL <sup>b)</sup> at harvest (%)	Dissipation rate <sup>c)</sup> (%)
Indoxacarb	Recommended	2.0	1.401	0.194	9.687	86.15
	DOR <sup>d)</sup>		2.945	0.364	18.192	87.64
Thiamethoxam	Recommended	0.5	0.649	0.087	6.193	86.60
	DOR		1.026	0.133	26.643	87.04

<sup>a)</sup>Maximum residue limit. <sup>b)</sup>Calculated from the equation, (concentration at harvest/MRL)×100. <sup>c)</sup>Calculated from the equation, (initial concentration-concentration at harvest)×100/concentration at harvest. <sup>d)</sup>Double of the recommended dose.

이었다.

이상에서 보는 바와 같이 초기 잔류량은 indoxacarb의 배량 처리구와 thiamethoxam의 기준량 및 배량 처리구에서 MRL을 초과하였으나 수확 예정일에서는 모든 처리구에서 MRL 이내로 잔류량이 감소하였다.

생물학적 반감기 산출 및 생산기간 중 잔류농도 예측

얼갈이배추에 살포한 시험농약의 소실곡선식과 생물학적 반감기는 Table 8, 소실 곡선은 Fig. 2와 같다. Indoxacarb의 소실 곡선식은 기준량과 배량 처리구에서 각각  $y=1.4341e^{-0.2031x}$  ( $r^2=0.9949$ )와  $y=2.8607e^{-0.2106x}$  ( $r^2=0.9872$ )이었으며, 반감

기는 각각 3.4일과 3.3일이었다. Thiamethoxam의 소실곡선식은 기준량과 배량 처리구에서 각각  $y=0.8246e^{-0.3039x}$  ( $r^2=0.9667$ )과  $y=1.2145e^{-0.1967x}$  ( $r^2=0.9515$ )이었으며, 소실곡선식에 의한 thiamethoxam의 반감기는 기준량과 배량 처리구에서 각각 2.3일과 3.5일이었다.

잔류농약 분석 결과로부터 얻은 소실 곡선식을 이용하여 시험농약의 DT<sub>50</sub>, DT<sub>75</sub> 및 DT<sub>90</sub>을 산출한 결과는 Table 9와 같이 살포된 농약이 75%와 90%가 분해되는데 걸린 기간은 대체로 5~7일과 8~12일 이내 이었다. 또한, 초기 잔류량이 MRL을 초과한 경우는 indoxacarb와 thiamethoxam의 기준량 및 배량 처리구이었다. MRL을 초과한 시험구의 농약 잔류수준이 MRL 이하가 되는 기간은 초기잔류량이 MRL을 초과한 indoxacarb의 배량처리구에서 1.70일, thiamethoxam의 기준량 및 배량 처리구에서 각각 1.65일과 4.51일로써 thiamethoxam

의 배량 처리구를 제외하고 모두 2일 이하로 수확 예정일(약제살포 후 10일)에는 극히 적은 양이 잔류하는 것을 알 수 있었다. 또한 회귀식에 의한 초기 잔류량을 예측한 결과는 indoxacarb와 thiamethoxam에서 각각 1.43과 0.83 mg kg<sup>-1</sup>이었다.

**잔류농약의 ADI대비 식이섭취율 산출**

얼같이배추에 대한 시험농약의 식이섭취량인 EDI와 일일 섭취허용량(ADI)를 활용하여 식이 섭취율을 산출한 결과는 Table 10과 같다. Indoxacarb와 thiamethoxam의 ADI 대비 EDI 비율은 시료 채취 초기에 기준량 살포구와 배량 살포구에서 각각 9.00-18.91%와 16.05-26.35%이었으며, 수확 예정일인 수확 후 10일에 수확한 시료의 경우 indoxacarb는 1.25-2.34%, thiamethoxam은 0.80-3.42%이었다. 이 결과 모든 시험농약의 경우 수확 예정일의 ADI대비 EDI 비율이

**Table 8. Regression curves and biological half-lives of the pesticides in Chinese cabbage under greenhouse conditions**

Pesticide	Application rate	Regression curve <sup>a)</sup>		Half-life (day)
		Equation	r <sup>2</sup>	
Indoxacarb	Recommended	Y=1.4341e-0.2031X	0.9949	3.4
	DOR <sup>b)</sup>	Y=2.8607e-0.2106X	0.9872	3.3
Thiamethoxam	Recommended	Y=0.8246e-0.3039X	0.9667	2.3
	DOR	Y=1.2145e-0.1967X	0.9515	3.5

<sup>a)</sup>Based on the first-order kinetics. <sup>b)</sup>Double of the recommended dose.

**Table 9. DT<sub>50</sub>, DT<sub>75</sub>, and DT<sub>90</sub> of the pesticides in Chinese cabbage under greenhouse conditions**

Pesticide	Application rate	DT <sub>50</sub> <sup>a)</sup>	DT <sub>75</sub> <sup>b)</sup>	DT <sub>90</sub> <sup>c)</sup>
Indoxacarb	Recommended	3.4	6.8	11.3
	DOR <sup>d)</sup>	3.3	6.6	10.9
Thiamethoxam	Recommended	2.3	4.6	7.6
	DOR	3.5	7.0	11.7

<sup>a)</sup>Time for 50% loss. <sup>b)</sup>Time for 75% loss. <sup>c)</sup>Time for 90% loss. <sup>d)</sup>Double of the recommended dose.

**Table 10. Estimated daily intake of pesticides by intake of Chinese cabbage**

Pesticide	Application	DAS <sup>a)</sup>	MRL <sup>b)</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	Residue (mg kg <sup>-1</sup> )	EDI <sup>c)</sup> (µg/day/man)	ADI <sup>d)</sup> (µg/day/man)	% ADI <sup>e)</sup>
Indoxacarb	Recommended	0	2.0	1.401	0.0989	1.1	9.00
		10		0.194	0.0137		1.25
	DOR <sup>f)</sup>	0		2.945	0.2080		18.91
		10		0.364	0.0257		2.34
Thiamethoxam	Recommended	0	0.5	0.625	0.0441	0.275	16.05
		10		0.031	0.0022		0.80
	DOR <sup>f)</sup>	0		1.026	0.0725		26.35
		10		0.133	0.0094		3.42

<sup>a)</sup>Days after spraying. <sup>b)</sup>Maximum residue limit. <sup>c)</sup>EDI(estimated daily intake, mg/day/man) = Residual concentration(mg kg<sup>-1</sup>) × 70.63 g. <sup>d)</sup>ADI × 55 kg (Korean average weight). <sup>e)</sup>% ADI = (EDI/ADI) × 100. <sup>f)</sup>Doble of the recommended dose.

4% 미만인 것을 시범 농약의 잔류수준은 안전한 것으로 평가되었으며, 이는 작물의 증체에 따른 희석효과 등으로 인하여 농약의 소실이 크게 증가한 것으로 판단되었다.<sup>14)</sup> 이 결과는 수확예정일 10일 전에 pyrethroid계 살충제인 bifenthrin, lamda-cyhalothrin, deltamethrin을 표준살포농도와 표준살포농도의 2배 농도로 열같이 배추에 살포한 후 수확예정일의 잔류량에 근거하여 산출한 식이섭취량은 ADI의 0.1-6.7% 이었다는 Kim 등<sup>15)</sup>의 연구결과와 유사한 경향이였다.

## 요 약

배추에 등록된 oxadiazine계 살충제 indoxacarb와 neonicotinoid계 살충제 thiamethoxam의 열같이배추 중 경시적 잔류특성을 구명하기 위하여 시범 농약을 기준량과 배량으로 살포한 후 시료를 채취하여 출하 단계별 잔류 특성을 조사하고, kinetics 해석에 따른 합리적인 회귀식과 생화학적 반감기를 산출하여 최종 농약살포 후 특정 시점에서의 잔류량을 예측하였다. 시범농약의 검출한계는 모두 0.01 mg kg<sup>-1</sup> 이었으며, 분석법의 회수율은 0.1 mg kg<sup>-1</sup> 수준에서 indoxacarb와 thiamethoxam 각각 104.36±1.24%와 97.91±2.39%이었고 0.5 mg kg<sup>-1</sup> 수준에서는 각각 105.49±1.08%와 97.07±1.42%이었다. Indoxacarb의 반감기는 기준량과 배량에서 각각 3.4일과 3.3일하였고, thiamethoxam의 반감기는 기준량과 배량에서 각각 2.3일과 3.5일이었다. Indoxacarb와 thiamethoxam의 초기 잔류량은 indoxacarb의 기준량을 제외하고는 모두 잔류허용기준 이상이었으나 수확예정일의 시료중 잔류농도는 모두 잔류허용기준 미만이었으며, 수확예정일의 잔류량으로 산출한 시범농약의 ADI 대비 EDI의 비율은 기준량과 배량 처리구에서 모두 4% 미만이었다.

## 감사의 글

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

## 참고문헌

1. Ko, K. Y., Lee, Y. J., Won, D. J., Park, H. J., and Lee, K. S. (2003) Residual pattern of procymidone and bifenthrin in perilla leaf during the period of cultivation and storage. *Kor. J. Environ. Agric.* **22**(1), 47-52.
2. Kim, Y. S., Park, J. H., Park, J. W., Lee, Y. D., Lee, K. S., and Kim, J. E. (2002) Persistence and dislodgeable residues of chlorpyrifos and procymidone in lettuce leaves under greenhouse condition. *Kor. J. Environ. Agric.* **21**(2), 149-155.
3. Kim, Y. S., Park, J. H., Park, J. W., Lee, Y. D., Lee, K. S., and Kim, J. E. (2003) Residue levels of chlorpyrifos and chlorothalonil in apples at harvest. *Kor. J. Environ. Agric.* **22**(2), 130-136.
4. Lee, Y. J., Ko, K. Y., Won, D. J., Gil, G. H., and Lee, K. S. (2003) Residue patterns of procymidone, clorpyrifos and cypermethrin in peaches during cultivation and storage period. *Kor. J. Environ. Agric.* **22**(3), 220-226.
5. Lee, K. S. (1997) Evaluation on the effects of pesticide residues to agroecosystem in Korea. *Kor. J. Environ. Agric.* **16**(1), 80-93.
6. National Agricultural Products Quality Management Service (2005) Report on the safety of agricultural products.
7. National Agricultural Products Quality Management Service (2006) 2006 Survey on the safety of agricultural products in Korea.
8. Tomlin, C. D. S. (2003) In the Pesticide Manual (13th Edition), British Crop Protection Council, Surrey, UK. pp. 572-573, 960-961.
9. Korea Crop Protection Association (2006) Pesticide Use Guideline in 2006, Samjung Press, p. 472, 486.
10. National Institute of Agricultural Science and Technology (2005) MRLs of agricultural products, p. 201, 339.
11. Park, D. S., Yang, J. E., and Han, D. S. (1995) Assessment of the residues of benfuresate and oxolinic acid in crops. *Kor. J. Environ. Agric.* **14**(3), 302-311.
12. Park, D. S., Seong, K. Y., Choi, K. I., and 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.
13. Korea Centers for Disease Control and Prevention (2006) Korea health and nutrition examination survey.
14. Sathya, K., A. M. Abd Ei-Aty, Choi, J. H., Kim, M. S., Kim, J. K., and Shim, J. H. (2006) Residual status and dissipation pattern of metalaxyl in Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.) grown under greenhouse conditions. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* **47**(5), 231-236.
15. Kim, D. K., Kim, J. K., Lee, E. Y., Park, I. Y., Noh, H. H., Park, Y. S., Kim, T. H., Jin, C. W., Kim, K. I., Yun, S. S., Oh, S. K., and Kyung, K. S. (2007) Residual characteristic of some pyrethroid insecticide in Korean cabbage. *The Korean Journal of Pesticide Science* **11**(3), 154-163.