

얼갈이배추의 재배기간 중 Chlorothalonil, Indoxacarb, Lufenuron, Metalaxyl 및 Methomyl의 잔류량 변화

고광용 · 김성현¹ · 장영희 · 이규승*

충남대학교 농업생명과학대학 응용생물화학식품학부, ¹(주)목우연구소
(2008년 1월 8일 접수, 2008년 3월 7일 수리)

Residual Pattern of Chlorothalonil, Indoxacarb, Lufenuron, Metalaxyl and Methomyl during the Cultivation Periods in Chinese Cabbage

Kwang-Yong Ko, Sung-Hun Kim¹, Young-Hee Jang and Kyu-Seung Lee*

Department of Agricultural Chemistry, Chungnam National University, ¹Moghu Research Center Ltd.

Abstract

In order to know the residual pattern of some pesticides and predict to the degradation period until below MRL, we experimented chlorothalonil, indoxacarb, lufenuron, metalaxyl and methomyl for Chinese cabbage. They were frequently detected pesticides in Chinese cabbage by NAQS (National Agricultural product Quality management Service) monitoring survey. In this experiment, we sprayed those pesticides 10days before harvest and analyzed 0, 1, 2, 3, 5, 7, 10 day samples to establish logical equation and to calculate DT₅₀. During the cultivating period, the residue amount of chlorothalonil was changed from 55.58 mg kg⁻¹ (0 day) to 20.08 mg kg⁻¹ (10 day), DT₅₀ was 7.45 days, indoxacarb was 7.85 mg kg⁻¹ (0 day) to 1.46 mg kg⁻¹ (10 day), and 4.2 days, lufenuron was 1.57 mg kg⁻¹ (0 day) to 0.49 mg kg⁻¹ (10 day), and 5.85 days, metalaxyl was 8.12 mg kg⁻¹ (0 day) to 0.10 mg kg⁻¹ (10 day), and 1.75 days, and methomyl was 11.51 mg kg⁻¹ (0 day) to 0.80 mg kg⁻¹ (10 day), and 2.42 days at single dose application, respectively. The DT₅₀ of double amount in those pesticides were 9.05 days in chlorothalonil, 7.09 days in indoxacarb, 8.82 days in lufenuron, 3.32 days in metalaxyl, and 2.72 days in methomyl, respectively.

Key words Pesticide residue, Chlorothalonil, Indoxacarb, Lufenuron, Metalaxyl, Methomyl, Biological half life, Chinese cabbage

서 론

농산물의 안전성을 확보하기 위해서 국제적으로 만든 다양한 규범이 있으나 농약의 잔류 허용량 등을 정하는 Codex Alimentarius Commission(식품규격위원회)이 가장 대표적인 것이라 할 수 있다. 이 위원회 중의 한 분과인 농약잔류에 관한 Codex 위원회(CCPR)의 역할은 식품소비자를 보호하

고 국가간의 식품수출입동향을 손쉽게 하기 위하여 식품에 잔류하는 농약에 대하여 최대잔류허용량(Maximum Residue Limits ; MRL)을 설정하고 있다. 이러한 MRL의 설정 및 농약잔류평가는 발암성이 문제되는 농약의 경우 발암성 관련자료, 국가별 국민 총 식이 섭취량 등 안전성 검토가 가능한 자료와 농업경제적인 측면 등이 고려된 유익성 자료 등이다. 또한 급성독성이 강한 농약인 경우 살포자에 대한 안전성 자료와 환경생물에 대한 독성자료 등이 주된 평가 내용이 되며, 사람에게 대해 발암성 측면에서 안전성을 확보하는 수준에서 MRL을 설정하고 농약잔류평가를 통해 MRL 준수여부를 조

*연락처 : Tel. +82-42-821-6735, Fax. +82-42-822-5781
E-mail: kslee@cnu.ac.kr

사하는 일련의 과정은 모두 소비자에게 안전한 농산물을 공급하려는 노력이라고 할 수 있다(고 등, 2004).

현재, 국내 생산 농산물과 수입 농산물은 모두 보건복지부가 설정한 MRL 이내의 농산물만이 유통되도록 규정하고 있으며 이 규정에 알맞지 않은 농산물은 폐기되거나 반품되어 진다. 그러나 농산물이 유통 과정에 접어든 후 문제가 발견되면, 일반적인 공산품과 달리 수거나 재활용의 기회가 거의 상실됨으로서 생산비와 유통비용은 물론 그 처리비용으로 인하여 생산자뿐만 아니라 국가적으로도 막대한 손실을 입게 되며, 또한 소비자에 의하여 이미 소비되어 버린 농산물은 원상복구가 불가능하고 이미 소비자가 섭취한 잔류농약의 위해성을 제거하거나 감소시킬 수도 없다. 이러한 문제 등으로 인하여 출하전 농산물에 대한 잔류분석의 중요성과 대폭적인 확대 필요성 등이 강력히 제기되고 있다. 따라서 이와 같은 대내외적인 요구를 수용함과 아울러 WTO 체제하에서 국산 농산물의 경쟁력과 신뢰도를 제고하고 농민의 소득증대를 위해서는 출하전 농약잔류조사를 확대, 강화해 나아가고 있다.

현재 유통과정 중에서의 분석결과를 적용할 수 있는 기준은 보건복지부에 의해 대부분 설정되어 있지만 생산과정 중에 있는 농산물의 분석결과를 적용할 기준은 24종의 농산물과, 농약중의 55성분을 대상으로 132개의 기준만이 설정되어 있을 뿐 아니라, 그중 대부분이 단기간 실험결과에서 도출된 것이 아니고 장기간 실험결과를 인용하여 설정되었다는 문제점이 있다. 더욱이, 현행의 고시기준은 MRL이 설정되어 있는 약제와 작물의 총수에 비해 매우 낮은 비율이므로 이를 증가, 확대시켜야 될 필요성이 요구된다. 따라서 안전한 농산물을 소비자에게 공급하기 위하여 보다 정밀한 생산단계 농약잔류 허용기준을 마련하여야 하는데, 이를 위해서는 작물에 따른 약제별 생물학적 반감기(biological half-life)를 약제 살포일을 기준으로 세분하여 실험함으로써, 좀 더 정확한 생산단계 농약잔류 허용기준을 설정하여야 할 것이다(김 등, 2002). 그러나 출하 전 농약 안전성조사를 실시하기 위해서는 시료를 생산과정 중에 채취하여 잔류농약을 분석하고 이 분석결과를 기존의 농작물에 대한 농약의 경시적 잔류변화의 결과와 비교하여 출하시의 농약안전성 여부를 판별하게 된다. 그러나 이런 방법으로는 출하 직전 며칠간 잔류농약의 분해 양상을 정확하게 판단할 수가 없어 적절한 출하일자를 예상하기가 어렵다고 본다. 따라서 출하 전 농약잔류 조사결과의 효과적인 이용을 위해서는 다양한 농작물과 농약을 대상으로 한 생물학적 반감기 연구 자료가 필수적으로 요구되고 있다. (최 등, 2002; 고 등, 2003) 특히 현재 생산단계 잔류허용기준 설정을 위해 참고한 자료는 전술한 바와 같이 대상작

물과 농약의 종류가 부족하고, 장기간에 걸친 작물체중의 농약잔류 양상의 변화를 조사한 자료를 근거로 하고 있으므로 정확한 출하시기 판단 자료로는 부족하다는 것이 명백하며 경우에 따라서는 환경이 다른 외국의 시험성적을 참고함으로써 농약잔류에 따른 소비자들의 위기의식을 불식시키는데 도움을 줄 수 없다고 본다(최 등, 2002; 고 등, 2003; 김 등, 2002).

아울러 출하 후 유통과정이나 저장과정중의 농약잔류변화에 관한 자료는 거의 없는 실정이므로 농가에서 출하된 농작물중의 잔류농약성분이 출하 후 소비자가 섭취하기까지 어느 정도나 감소되는지를 평가하는 것도 매우 중요하다고 본다.

즉, 농작물과 농약을 대상으로 생물학적 반감기를 연구함으로써 이 자료를 농작물의 재배기간 중 농약의 잔류분석결과와 결합하여 소비자의 식탁에 도달하기 전인 출하단계에서 부적합농산물을 사전 선별한다면 소비자의 건강을 보호함은 물론 경제적, 정신적인 피해를 방지할 뿐 아니라, 생산자에게는 농산물의 생산을 유도하고, 농산물이 출하되기 전에 부적합농산물에 대한 출하연기, 용도전환, 생산중지를 가능케 하여 추후 발생할 수 있는 법적, 경제적 피해를 최소화 할 수 있으며, 실제로 소비자들에게 섭취되는 경로에서의 위해성 감소 수준을 평가하여 농산물의 안전성 확보에도 큰 기여를 할 수 있다(고 등, 2003).

본 실험에서는 소면적 재배작물로서 최근 농약의 잔류가 문제가 되고 있는 배추를 대상으로 하여 농산물 품질관리원 출하 전 검사시 검출 빈도가 높은 농약 5종을 선정하여 대상 농약의 생산기간 중 생물학적 반감기를 산출하여 보았다.

재료 및 방법

시험약제

본 실험에 사용되어진 액제는 chlorothalonil 47% 액상수화제, indoxacarb 10% 수화제, lufenuron 5% 유제, metalaxyl 25% 수화제, methomyl 45% 수화제¹²⁾로서 모두 시중 농약 판매상에서 구입하여 시험에 사용하였다. 시험에 사용되어진 약제들의 물리화학적 특성은 Table 1과 같다.

시험작물의 재배 및 약제의 처리

시험에 사용된 작물은 열갈이 배추이며 대전 유성구 충남대학교 부설 농장 소재의 비닐하우스를 임대하여 시험하였고, 2006년 5월 20일에 본포에 정식하였으며 2006년 6월 26일에 약제를 처리하였다. 재배기간 동안 농가관행재배법에

Table 1. Phycho-chemical properties of pesticides in this experiment (Pesticide manual 13th edition, 2003)

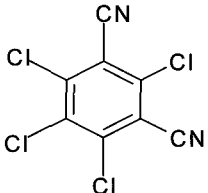
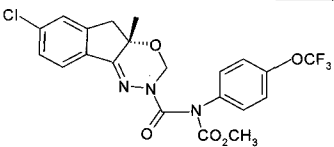
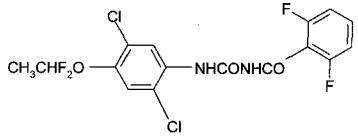
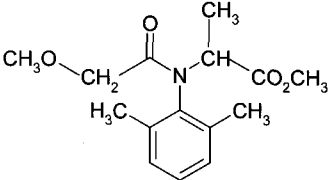
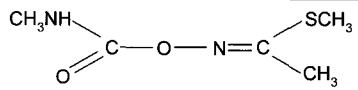
Pesticide	Structure	Mol. wt	Kow	Solubility	M.p
Chlorothalonil		256.9	logP=2.92 (25°C)	0.81 mg/l (25°C)	252.1°C
Indoxacarb		527.8	logP=4.65 (25°C)	0.20 mg/l (25°C)	88.1°C
Lufenuron		511.2	logP=5.12 (25°C)	<0.06 mg/l (25°C)	168.7-169.4°C
Metalaxyl		279.3	logP=1.75 (25°C)	8.4 g/l (22°C)	63.5-72.3°C
Methomyl		162.2	logP=0.093 (25°C)	57.9 g/l (25°C)	78-79°C

Table 2. Application guide line and formulation information of pesticides for Chinese cabbage (농약사용지침서 (2005), 농약공업협회; 식품의 농약잔류 허용기준 (2005), 식품의약품안전청)

Pesticide	Formulation	Application amount ¹⁾	MRL (mg/kg)	PHI ²⁾ (day/time)
Chlorothalonil	47%WG	1000 times dilution	5	7/7
Indoxacarb	10%WP	2000 times dilution	2	7/3
Lufenuron	5%EC	1000 times dilution	0.2	14/4
Metalaxyl	25%WP	2000 times dilution	0.1	21/2
Methomyl	45%WP	1500 times dilution	0.5	7/2

¹⁾ Single dose was applied as recommended guide lines

²⁾ PHI : Pre- Harvest Interval

준하여 재배 하였다. 작물의 재식밀도는 30×30 cm로 하였으며 시험면적은 처리구당 30 m²였다. 약제의 처리는 농약사용지침서에 준하여 처리하였다.

대상약제의 분석방법

본 실험에 사용된 표준물질은 chlorothalonil(98.2%), indoxacarb(99.7%), lufenuron(99.0%), metalaxyl(99.2%), methomyl(99.0%) 분석용 표준품을 사용하였으며 분석물질의 추출 및 정제에 사용된 용매는 Pesticide residue grade,

시약은 GR grade 이상을 사용하였으며 분석에 사용된 기기의 명칭과 세부분석조건은 다음의 Table 3에 표기하였다.

시료의 추출 및 정제

〈Chlorothalonil, indoxacarb, lufenuron, 및 metalaxyl〉
세절 배추시료 25 g에 100 mL의 acetone을 가하고 5분간 고속 마쇄(10,000 rpm), 추출하였다. 추출물을 감압여과하고 50 mL의 acetone으로 잔사 및 용기를 씻어내려 앞서의 여액과 합하였다. 합친 여액을 rotary vacuum evaporator를 이용하여

Table 3. Instrumental analysis condition of pesticides in Chinese cabbage

Pesticide	Instrument	Column	Carrier Flow (split ratio)	Injection volume	Instrument temperature			Retention time (min)
					Injector	Oven	Detector	
Chlorothalonil	GC/ECD	J&W 19091L Φ0.32 mm, 30 m, 0.25 μm	N ₂ 2.5 ml/min (1:5)	1 μl	250°C	100°C, 2min→	300°C	15.3
Indoxacarb						20.0°C/min		25.1
Lufenuron						→280°C, 15min		9.8
Metalaxyl	GC/NPD	DB-5 Φ0.53 mm, 15 m, 1 μm	N ₂ 10.0 ml/min (Splitless)	1 μl	250°C	200°C→	280°C	15.9
Methomyl						10.0°C/min		
		HP-5 Φ0.32 mm, 30 m, 0.25 μm	N ₂ 10.0 ml/min (1:10)	2 μl	240°C	50°C, 1min.→ 10°C/min. →120°C, 4min		

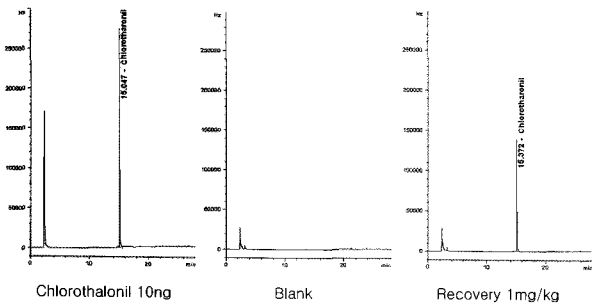


Fig. 1. Chromatogram of chlorothalonil residue in Chinese cabbage.

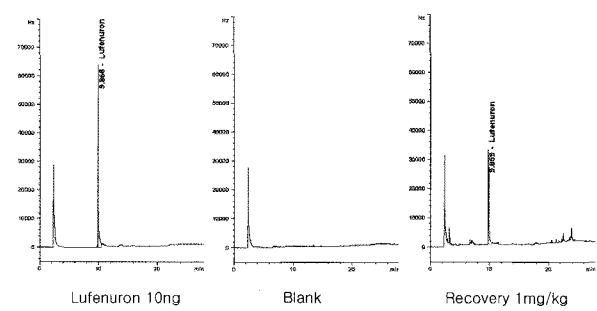


Fig. 3. Chromatogram of lufenuron residue in Chinese cabbage.

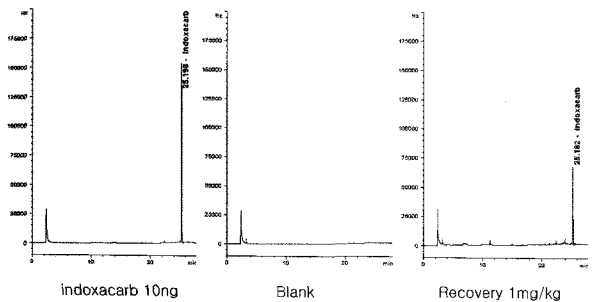


Fig. 2. Chromatogram of indoxacarb residue in Chinese cabbage.

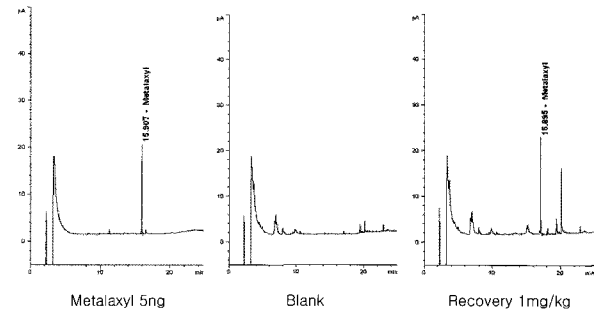


Fig. 4. Chromatogram of metalaxyl residue in Chinese cabbage.

acetone을 감압유거하고 수용액을 500 mL의 분액여두에 옮겨 100 mL의 포화식염수와 50 mL의 증류수를 차례로 가한 후 dichloromethane 100, 50 mL씩으로 2회 분배추출한 후 유기 용매층을 anhydrous sodium sulfate에 통과시켜 수분을 제거하고 rotary vacuum evaporator를 이용하여 감압농축하고 건조물을 n-hexane 5 mL에 용해하여 GLC/ECD(Metalaxyl은 GLC/NPD)에 1 μl를 주입, chromatogram상에 나타난 peak의 면적을 측정하고 표준검량선에 의해 함유농도를 산출하였다.

〈Methomyl〉

마쇄균질화된 시료 25 g에 100 mL의 acetone을 가하고 30분간 진탕(180 rpm), 추출하였다. 추출물을 흡인여과하고

50 mL의 acetone으로 잔사 및 용기를 씻어내려 앞서의 여액과 합하였다. 합친 여액에 증류수 20 mL을 가하고 감압농축하여 용매를 날려 보낸 다음 500 mL 용량의 분액여두에 옮겨 50 mL의 포화식염수와 5 mL의 0.5M H₂SO₄용액을 차례로 가한 후 ethyl acetate 100, 50 mL씩으로 2회 분배추출하였다. 합친 ethyl acetate 추출액을 20 g의 anhydrous sodium sulfate에 통과시켜 탈수하였다. ethyl acetate 추출액에 acetone에 녹인 2% diethylene glycol 용액 0.2 mL을 가하여 35°C에서 1~2 mL가 남을 때까지 감압농축하고 질소기류하에서 서서히 증발, 건조하였다. 잔류물에 30 mL의 0.1 M NaOH용액을 가하여 90°C waterbath에서 30분간 reflux한 다음 실온에서 방냉시킨 후 분액여두로 옮겨 50 mL의 포

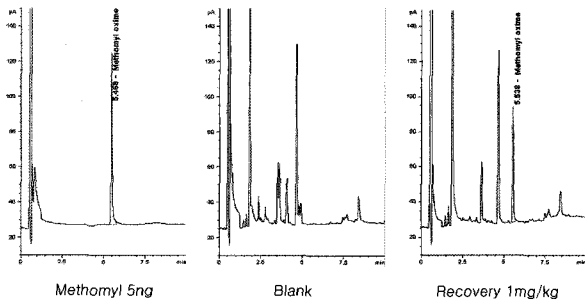


Fig. 5. Chromatogram of methomyl oxime residue in Chinese cabbage.

화식염수와 5 mL의 0.5M H₂SO₄용액을 차례로 가한 후 ethyl acetate 100, 50 mL씩으로 2회 분배추출하였다. 합친 ethyl acetate 추출액을 20 g의 anhydrous sodium sulfate에 통과시켜 탈수하였다. Ethyl acetate 추출액에 acetone에 녹인 2% diethylene glycol 용액 0.2 mL을 가하여 35°C에서 1~2 mL가 남을 때까지 감압농축하고 질소기류하에서 서서히 증발, 건조하였다. 잔류물에 5 mL의 acetone에 용해하여 GLP/NPD에 2 uL를 주입, chromatogram상에 나타난 peak의 높이를 측정하고 표준 검량선에 의해 methomyl oxime의 함유농도를 산출한 다음 환산계수 1.54*를 곱하여 methomyl의 농도를 산출하였다.

* 환산계수(1.54)=(Methomyl의 분자량(162.2)/
Methomyl oxime의 분자량(105.1))

결과 및 고찰

분석법의 회수율 및 검출한계

대상농약의 분석법의 검출한계 및 회수율은 다음의 표 4와 같다. 대상농약들의 검출한계는 모두 MRL 대비 1/10-1/100 수준이었으며 회수율은 89.4-114.4%수준으로 추출 및 분석 방법상의 문제가 없음을 알 수 있었다.

배추 재배기간 중 농약 잔류량의 경시적 변화

<Chlorothalonil>

얼갈이 배추 재배기간 중 chlorothalonil 잔류량은 표준량에서 최초 약제처리시 55.58 mg/kg이었으며 약제처리 후 10일에는 20.08 mg/kg 수준까지 감소하였다. 이를 토대로 1차 회귀식을 이용하여 반감기를 산출해본 결과 반감기는 7.45일이었으며 배량은 최초 약제처리시 63.16 mg/kg이었으며 약제처리 후 10일에는 31.02 mg/kg 수준까지 감소하였고 1차 회귀식을 이용한 반감기는 9.05일임을 알 수 있었다. 고 등 (2003)이 실험한 포도의 재배기간 중의 반감기인 4.4일과 차이가 나지만 이는 작물의 재배조건이나 초기농도 등에 기인한 것으로 판단되어진다.

<Indoxacarb>

얼갈이배추 재배기간 중 indoxacarb의 잔류량은 표준량에서 최초 약제처리시 7.85 mg/kg이었으며 약제처리 후 10일에는 1.46 mg/kg 수준까지 감소하여서 최초 부착량의 약 80%까지 감소됨을 알 수 있었으며 이를 토대로 1차 회귀식

Table 4. Detection limit and recovery rate of pesticides

Pesticide	Concentration (mg/kg)	Recovery rate (%)				LOD ¹⁾ (ng)	LOQ ²⁾ (mg/kg)
		1	2	3	Ave.±SD		
Chlorothalonil	0.2	98.7	93.4	94.8	95.6±2.74	0.1	0.02
	1.0	95.4	92.4	90.8	92.9±2.33		
Indoxacarb	0.2	90.8	91.7	93.5	92.0±1.37	0.1	0.02
	1.0	88.9	93.4	91.5	91.3±2.25		
Lufenuron	0.2	90.4	94.5	92.9	92.6±2.06	0.1	0.02
	1.0	93.5	91.7	87.9	91.0±2.85		
Metalaxyl	0.2	87.2	89.4	91.2	89.3±2.00	0.1	0.02
	1.0	89.9	92.5	90.7	91.0±1.33		
Methomyl	0.1	112.5	110.4	111.2	114.4±1.05	0.05	0.01
	0.5	105.8	105.5	105.0	105.4±0.4		

1) LOQ : Limit of Quantification

2) LOD : Limit of Detection

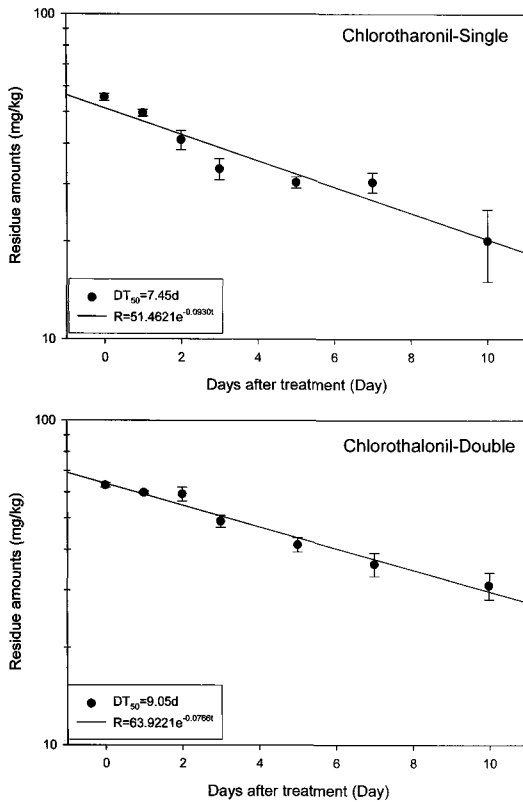


Fig. 6. Degradation of chlorothalonil during cultivation period of Chinese cabbage.

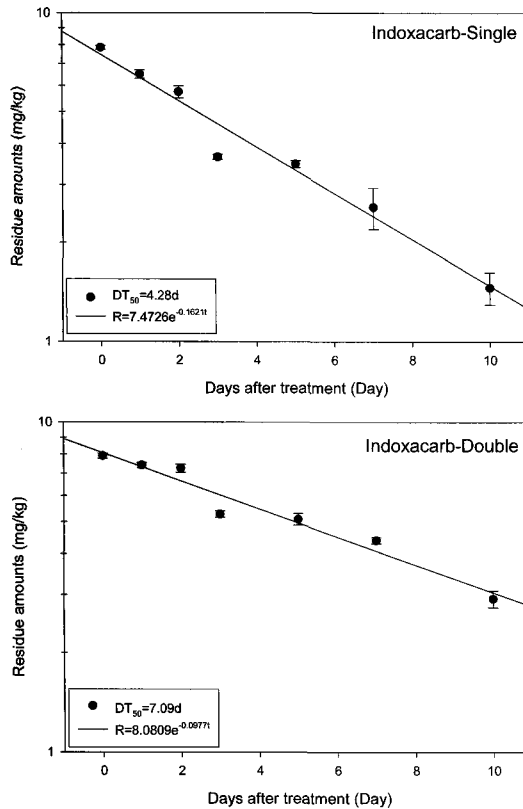


Fig. 7. Degradation of indoxacarb during cultivation period of Chinese cabbage.

을 이용하여 반감기를 산출해본 결과 반감기는 4.2일임을 알 수 있었고, 배량은 최초 약제처리시 7.91 mg/kg이었으며 약제처리 후 10일에는 2.91 mg/kg 까지 감소하여서 최초 부착량의 약 70%까지 감소됨을 알 수 있었으며 이를 토대로 1차 회귀식을 이용하여 반감기를 산출해본 결과 반감기는 7.09일임을 알 수 있었다.

<Lufenuron>

얼갈이배추 재배기간 중 lufenuron의 잔류량은 표준량에서 최초 약제처리시 1.57 mg/kg이었으며 약제처리 후 10일에는 0.49 mg/kg 수준까지 감소하여서 최초 부착량의 약 70%까지 감소됨을 알 수 있었으며 이를 토대로 1차 회귀식을 이용하여 반감기를 산출해본 결과 반감기는 5.85일임을 알 수 있었고, 배량은 최초 약제처리시 2.60 mg/kg이었으며 약제처리 후 10일에는 1.05 mg/kg 까지 감소하여서 최초 부착량의 약 60%까지 감소됨을 알 수 있었으며 이를 토대로 1차 회귀식을 이용하여 반감기를 산출해본 결과 반감기는 8.82일임을 알 수 있었다.

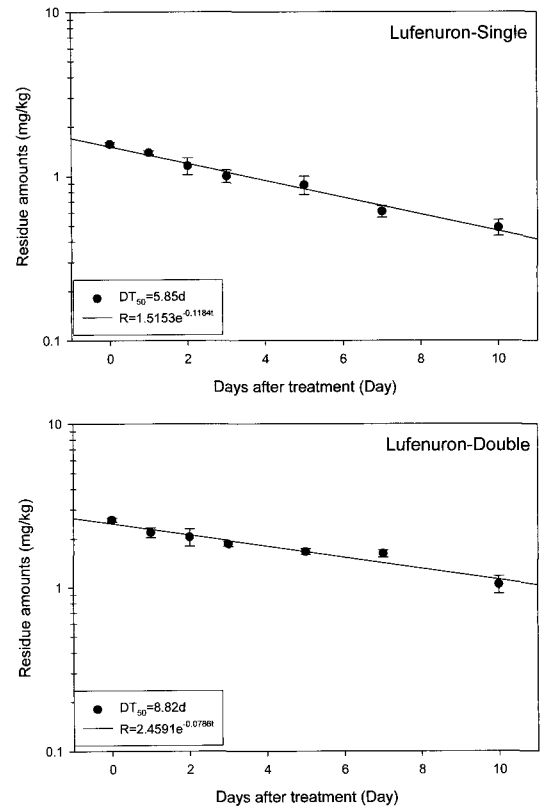


Fig. 8. Degradation of lufenuron during cultivation period of Chinese cabbage.

〈Metalaxyl〉

얼갈이배추 재배기간 중 metalaxyl의 잔류량은 표준량에서 최초 약제처리시 8.12 mg/kg이었으며 약제처리 후 10일에는 0.10 mg/kg 수준까지 감소하여서 최초 부착량의 95% 이상이 감소됨을 알 수 있었으며 이를 토대로 1차 회귀식을 이용하여 반감기를 산출해본 결과 반감기는 1.75일임을 알 수 있었고, 배량은 최초 약제처리시 9.60 mg/kg이었으며 약제처리 후 10일에는 1.19 mg/kg 까지 감소하여서 최초 부착량의 약 90%까지 감소됨을 알 수 있었으며 이를 토대로 1차 회귀식을 이용하여 반감기를 산출해본 결과 반감기는 3.32일임을 알 수 있었다.

〈Methomyl〉

얼갈이배추 재배기간 중 methomyl의 잔류량은 표준량에서 최초 약제처리시 11.51 mg/kg이었으며 약제처리 후 10일에는 0.80 mg/kg 수준까지 감소하여서 최초 부착량의 약 95%까지 감소됨을 알 수 있었으며 이를 토대로 1차 회귀식을 이용하여 반감기를 산출해본 결과 반감기는 2.42일임을 알 수 있었고, 배량은 최초 약제처리시 15.60 mg/kg이었으며

약제처리 후 10일에는 1.64 mg/kg 까지 감소하여서 최초 부착량의 약 90%까지 감소됨을 알 수 있었으며 이를 토대로 1차 회귀식을 이용하여 반감기를 산출해본 결과 반감기는 2.72일임을 알 수 있었다.

결론

얼갈이배추의 재배기간 중 대상약제의 반감기는 기준량에서 chlorothalnil 7.45일, indoxacarb 4.2일, lufenuron 5.85일, metalaxyl 1.75일, methomyl 2.42일이었으며 배량의 경우 chlorothalnil 9.05일, indoxacarb 7.09일, lufenuron 8.82일, metalaxyl 3.32일, methomyl 2.72일 이었다. 대부분의 약제가 약제처리 후 10일경과 후에는 80%이상이 감소되었으나 chlorothalnil은 약 60%정도만이 감소됨을 알 수 있었다. 본 실험을 통하여 산출된 작물의 재배기간 중 농약의 경시적인 잔류량 변화에 관한 감소 회귀식은 수확 전 검사농산물의 출하시점에서의 잔류농약 정도를 예측하는 기초자료로 활용 할 수 있을 것이다.

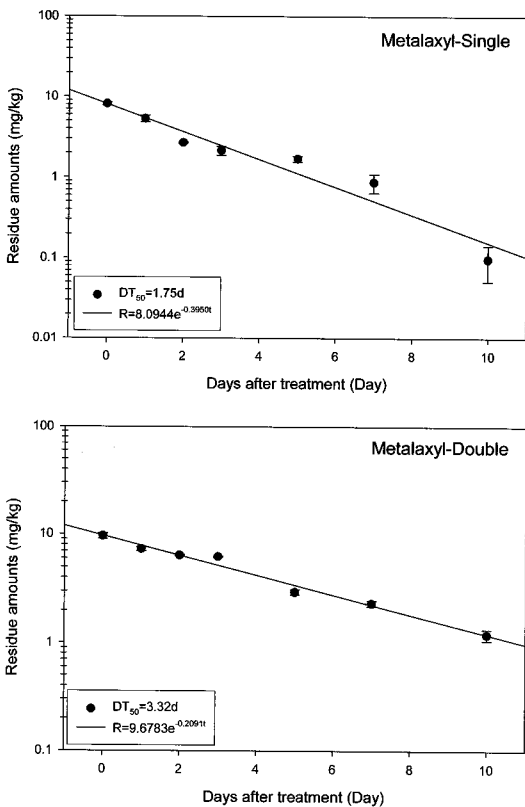


Fig. 9. Degradation of metalaxyl during cultivation period of Chinese cabbage.

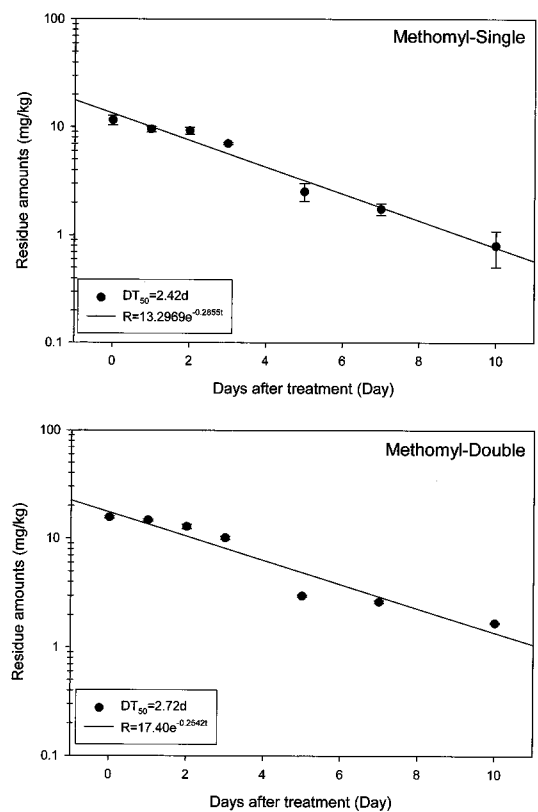


Fig. 10. Degradation of methomyl during cultivation period of Chinese cabbage.

Table 5. Pesticide residues in Chinese cabbage and degradation equation for DT₅₀

Pesticide	Application dose	Residue amount (mg/kg)							Half-life (Day) ²⁾
		0 ¹⁾	1	2	3	5	7	10	
Chloro- thalonil	Single	55.58 ±1.47	49.70 ±1.19	41.08 ±2.73	33.47 ±2.47	30.43 ±1.21	30.44 ±2.19	20.08 ±5.04	DT ₅₀ =7.45 R=51.4621·e ^{-0.0930t} (r = 0.925**)
	Double	63.16 ±1.10	59.89 ±0.57	59.30 ±2.85	48.94 ±2.06	41.49 ±2.10	36.10 ±2.98	31.02 ±2.92	DT ₅₀ =9.05 R=63.9221·e ^{-0.0766t} (r = -0.971**)
Indoxacarb	Single	7.85 ±0.10	6.51 ±0.20	5.75 ±0.24	3.65 ±0.06	3.47 ±0.08	2.57 ±0.37	1.46 ±0.16	DT ₅₀ =4.2 R = 7.472·e ^{-0.1621T} (r = -0.9677**)
	Double	7.91 ±0.14	7.41 ±0.13	7.26 ±0.20	5.27 ±0.11	5.09 ±0.20	4.39 ±0.09	2.91 ±0.17	DT ₅₀ =7.09 R = 8.0809·e ^{-0.0977T} (r = -0.9548**)
Lufenuron	Single	1.57 ±0.05	1.40 ±0.04	1.16 ±0.13	1.00 ±0.09	0.89 ±0.11	0.61 ±0.05	0.49 ±0.05	DT ₅₀ =5.85 R = 1.5153·e ^{-0.1184T} (r = 0.9825**)
	Double	2.60 ±0.08	2.18 ±0.15	2.04 ±0.25	1.85 ±0.06	1.66 ±0.07	1.62 ±0.08	1.05 ±0.13	DT ₅₀ =8.82 R = 2.4591·e ^{-0.0786T} (r = 0.9406**)
Metalaxyl	Single	8.12 ±0.33	5.333 ±0.52	2.68 ±0.05	2.15 ±0.27	1.70 ±0.14	0.87 ±0.23	0.10 ±0.05	DT ₅₀ =1.75 R = 8.0944·e ^{-0.3950T} (r = 0.9366**)
	Double	9.60 ±0.54	7.31 ±0.32	6.40 ±0.09	6.21 ±0.08	2.95 ±0.17	2.32 ±0.14	1.19 ±0.14	DT ₅₀ =3.32 R = 9.6783·e ^{-0.2091T} (r = -0.9821**)
Methomyl	Single	11.51 ±1.15	9.51 ±0.57	9.20 ±0.66	7.04 ±0.15	2.52 ±0.47	1.74 ±0.21	0.80 ±0.29	DT ₅₀ =2.42 R = 13.296·e ^{-0.2855T} (r ² = 0.9732)
	Double	15.60 ±0.36	14.67 ±0.32	12.80 ±0.59	10.10 ±0.29	2.98 ±0.04	2.64 ±0.08	1.64 ±0.02	DT ₅₀ =2.72 R = 17.403·e ^{-0.2542T} (r ² = 0.9235)

¹⁾ 2 hours later after treatment.

²⁾ Logical equation were calculated directly from raw data of residue.

감사의 글

본 연구는 국립농산물 품질관리원의 ‘작물의 생산단계 잔류 농약 허용기준 설정 연구’ 사업의 지원으로 수행되었습니다.

>> 참 / 고 / 문 / 헌

Cabras, P. (2000) Distribution of Folpet on the Grape Surface after Treatment. *J. of Agric. Food Chem.* v48 p.915-916.
 Choi, K. I., K. Y. Seong, T. G. Jeong, J. H. Lee, J. H. Hur, K. Y. Ko and K. S. Lee (2002) Dissipation and removal

rate of dichlofluanid and iprodione residues on greenhouse cherry tomato. *Kor. J. Environ. Agri.* 21(4):231-236.
 Kim, S. H. and K. C. Chung (1991) Studies on the residues of diazinon, fenitrothion, and EPN in apple and removal of pesticide residues by storing, peeling and washing. *J. Korean. sanitation.* 6(2):89-108.
 Kim, Y. S., J. H. Park, J. W. Park, Y. D. Lee, K. S. Lee and J. E. Kim (2002) Persistence and dislodgeable residues of chlorpyrifos and procymidone in lettuce leaves under greenhouse condition, *Kor. J. Environ. Agri.* 21(2):149-155.
 Kim, Y. S., J. H. Park, J. W. Park, Y. D. Lee, K. S. Lee and J. E. Kim (2003) Residue levels of chlorpyrifos and chlorothalonil in apples at harvest. *Kor. J. Environ. Agri.* 22(2):130-136.
 Ko, K. Y., Y. J. Lee, D. J. Won, H. J. Park and K. S. Lee

- (2003) Residual pattern of procymidone and bifenthrin in perilla leaf during the period of cultivation and storage. Kor. J. Environ. Agri. 22(1):47-52.
- Ko, K. Y., K. H. Kim and K. S. Lee (2004) Residual pattern of procymidone and chlorothalonil in grape during the period of cultivation and storage. Kor. J. Environ. Agri. 23(1):47-51.
- Pesticide analytical manual volume 1 (1995) U.S. F.D.A.
- The pesticide manual 13th edition (2003) British crop protection council.
- 국내 농산물 중 잔류 허용기준 (1998) 보건복지부.
- 농수산물품질관리법(법률 제5667호) 제12조.
- 농산물의 농약잔류성 조사와 안전성 연구 (2001) 충남 보건환경연구원.
- 박창규외 17인 (1993) “농약의 생화학과 사용법” 신일상사.
- 농약공업협회 (2005) 농약사용지침서.
- 농약 잔류성 시험법 (1992) 농촌진흥청 농약연구소.
- 식품공전 (2000) 식품의약품 안전청.
- 식품의 기준 및 규격중개정 (2001) 식품의약품 안전청.
- 農藥の 殘溜分析法 (1995) 農藥 殘溜分析法 研究會.

열갈이배추의 재배기간 중 Chlorothalonil, Indoxacarb, Lufenuron, Metalaxyl 및 Methomyl의 잔류량 변화

고광용 · 김성현¹ · 장영희 · 이규승*

충남대학교 농업생명과학대학 응용생물화학식품학부, ¹(주)목우연구소

요 약 국립농산물 품질관리원 출하 전 농산물 검사시 열갈이배추에서 검출빈도가 높은 chlorothalonil, indoxacarb, lufenuron, metalaxyl 및 methomyl 등 농약 5종에 대하여 수확 10일전에 대상약제를 살포하고 생산기간중의 경시적인 잔류량 변화를 조사하고 이를 토대로 반감기를 산출하였다. 열갈이배추의 생산기간동안 표준량 살포 처리구에서 chlorothalonil의 잔류량은 55.58 mg/kg(0 day)에서 20.08 mg/kg(10 day)로 감소하고, 반감기는 7.45일 이었으며, indoxacarb는 7.85 mg/kg(0 day)에서 1.46 mg/kg(10 day)로 감소하고 반감기는 4.2일 이었으며, lufenuron는 1.57 mg/kg(0 day)에서 0.49 mg/kg(10 day)로 감소하고 반감기는 5.85일 이었으며, metalaxyl은 8.12 mg/kg(0 day)에서 0.10 mg/kg(10 day)로 감소하고 반감기는 1.75일 이었고 methomyl은 11.51 mg/kg(0 day)에서 0.80 mg/kg(10 day)로 감소하고 반감기는 2.42일 이었다. 또한 배량 처리구에서의 반감기는 chlorothalonil 9.05일, indoxacarb 7.09일, lufenuron 8.82일, metalaxyl 3.32일, methomyl 2.72일 이었다.

색인어 농약잔류, 배추중 잔류농약, 생물학적 반감기, 농약의 경시적 변화
