

Chlorpyrifos 및 Chlorothalonil의 사과 생산단계별 잔류특성

김영숙 · 박주황 · 박종우 · 이영득¹⁾ · 이규승²⁾ · 김장억*

경북대학교 농화학과, ¹⁾대구대학교 농화학과, ²⁾충남대학교 농화학과

(2003년 3월 16일 접수, 2003년 5월 20일 수리)

Residue Levels of Chlorpyrifos and Chlorothalonil in Apples at Harvest

Young-Sook Kim, Ju-Hwang Park, Jong-Woo Park, Young-Deuk Lee¹⁾, Kyu-Seung Lee²⁾ and Jang-Eok Kim* (Department of Agricultural Chemistry, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea, ¹⁾Department of Agricultural Chemistry, Daegu University, Kyungbuk 712-714, Korea, ²⁾Department of Agricultural Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea)

ABSTRACT: An organophosphorus insecticide, chlorpyrifos and an aryl nitrile fungicide, chlorothalonil commonly used for apple were subjected to a residual investigation under field conditions to ensure safety of terminal residues at harvest. After pesticides were applied at standard rate in apple tree for 15 days for chlorpyrifos and 30 days for chlorothalonil, persistence of their residues in apple was investigated by several interval. At harvest, residual concentrations of chlorpyrifos and chlorothalonil in apple were 1.3 and 2.4 mg/kg, respectively, and the residue levels were higher than MRL, 1.0 mg/kg in Korea. As well fitted by the first-order kinetics, biological half-lives of the pesticide residues in apple were 9.3 days for chlorpyrifos and 32.2 days for chlorothalonil. During the storage, half-lives of chlorpyrifos and chlorothalonil were 35.0 and 56.3 days at room temperature, and 120.7 and 182.8 days at 4°C, respectively. Distribution of chlorpyrifos residue in flesh, fruit skin and stalk cavity of each apple corresponded to 0.1%, 22.8% and 77.1%, respectively. In case of chlorothalonil, residue in flesh, fruit skin and stalk cavity was 4.4%, 10.4% and 85.2%, respectively.

Key words: chlorpyrifos, chlorothalonil, residue, MRL, biological half-lives.

서론

농산물은 소비특성상 시중에서 유통 또는 판매되는 시점에서 농약의 안전성평가를 실시하게 되면 이미 그 농산물이 최종 소비자들에게 판매된 후 그 결과를 알 수 있기 때문에 잔류허용기준치를 초과하는 농산물에 대하여 소비자가 이용하기 전에 차단한다는 것은 현실적으로 어려운 실정이다. 따라서 생산단계부터 출하단계까지 잔류농약의 변화정도를 정확히 파악하여 출하시점에서의 안전성 유무를 평가한다면 생산자는 생산단계에서 농약의 합리적인 사용을 도모할 것이고 소비자인 일반국민들도 안전한 농산물을 공급받을 수 있을 것이다¹⁻³⁾.

사과는 국내에서 생산되는 과일 중 연간 생산량이 가장 많고 저장성도 좋아서 항상 손쉽게 접할 수 있는 우리 국민들이 애용하고 있는 주요 과일 중의 하나이다. 국내에서 생산

되는 사과는 후지 품종(Fuji)이 약 80% 이상을 차지하고 그 외 쓰가루 품종이 약 12% 정도, 홍옥 등이 소량을 차지하고 있으며 생산량의 약 1/3 정도는 바로 유통되며 약 2/3 정도는 여러 형태로 저장된 후 출하 된다⁴⁾. 수확 후 사과의 이러한 유통 및 소비의 형태를 감안할 때 출하시, 저장 조건 및 기간별 잔류농약의 안전성 평가는 상당히 중요하다고 할 수 있다. 또한 사과가 우리 나라의 주요 수출 농산물중의 하나로 등장함에 따라 수출 시점에서의 농약잔류 특성을 정확히 파악하는 것도 중요한 과제라 할 수 있다.

농산물 재배시 살포된 농약은 대부분 시간이 경과함에 따라 대기 중으로 확산, 강우에 의한 유실, 광분해, 가수분해, 미생물에 의한 분해 및 작물체내 대사작용 등을 통해 자연 제거가 되거나 세척, 다듬기, 데치기, 가열 등 인위적 조리가공을 통해서도 많은 양이 제거되는 것으로 알려져 있다⁵⁻¹⁶⁾. 사과는 인위적인 조리가공을 하기도 하지만 대부분은 생식을 통해 섭취를 한다. 최근 우리나라의 국민소득향상과 식생활 개선 등으로 건강에 대한 관심이 매우 높아지고 있으며, 생과 채류의 소비량이 급속히 증가하고 있는 추세이다. 특히 잔류

*연락처:

Tel: +82-53-950-5720 Fax: +82-53-953-7233

E-mail: jekim@knu.ac.kr

농약의 문제만 없다면 사과 과피를 제거하지 않고 생식하려는 사람들이 늘어 날 것으로 생각된다.

따라서 사과재배단계에서 농약을 살포하여 출하시점에서의 안전성 평가 자료로 활용하기 위하여 사과 재배 시에 가장 많이 살포되는 농약중의 하나인 탄저병, 점무늬낙엽병, 갈색무늬병 등에 많이 살포되는 살균제 chlorothalonil과 잎말이나방, 진딧물 방제 시에 많이 살포되는 살충제 chlorpyrifos를 선정하였다¹⁷⁾.

본 연구에서는 살균제 chlorothalonil와 살충제 chlorpyrifos를 실제 사과 재배포장에 살포하여 일정 기간별로 사과중의 농약잔류 특성을 조사하고, kinetics 해석에 따른 합리적 회귀식과 생화학적 반감기를 산출하여 잔류허용기준치(MRL)와 비교 평가하여 생산단계에서의 농약잔류허용기준 설정을 위한 기초 자료로 활용하고자 하였다. 또한 저장조건 및 기간별로 수확물의 농약잔류량 변화실험을 수행하여 유통기간 동안의 잔류량 감소정도를 추정하고자 하였으며, 부위별 잔류량을 조사하여 과피 제거에 따른 잔류농약의 제거효과를 조사하여 최종 소비단계에서의 안전성 유무도 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

농약

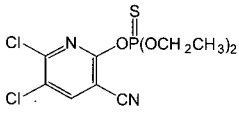
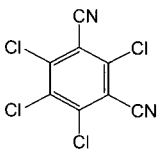
Chlorpyrifos (순도 99.7%) 및 chlorothalonil (순도 99.5%) 분석용 표준품은 Merk사에서 구입하여 사용하였으며, 제품은 chlorpyrifos의 경우 더스반 수화제(25%, 동부한농화학), chlorothalonil은 타코닐 수화제(75%, 경농)의 시판품을 구매하여 사용하였다. Chlorpyrifos와 chlorothalonil의 화학명, 화학구조^{17,18)} 및 사용 방법과 기준에 관한 사항들은 각각 Table 1 및 2와 같다.

시험포장

사과 시험포장은 경북 칠곡군 북삼면 소재 과수원을 임대하여 10~15년생 Fuji 품종 사과나무를 선택하여 실험을 수행하였다. 사과포장의 토양은 Table 3과 같이 토성이 사양토(SL), 유기물 함량이 2.1%로 나타났다.

약제 처리

Table 1. Chemical structures of chlorpyrifos and chlorothalonil

	Chlorpyrifos	Chlorothalonil
Chemical structure		
Chemical name	O,O-dimethyl O-3,5,6-trichloro-2-pyridyl phosphorothioate	tetrachloroisophthalonitrile

Chlorpyrifos(더스반 25% 수화제, 동부한농(주), 표준희석배수 1000배), chlorothalonil(다코닐 75% 수화제, 동부한농(주), 표준희석배수 600배)은 시판품을 구매하여 각각 10일 간격으로 2회씩 배부식 분무기를 이용하여 과실에 균일하게 살포하였다²¹⁾.

사과중 잔류특성실험

사과중 두 약제의 생물학적 반감기를 구하기 위하여 chlorpyrifos의 경우 약제 살포 2시간 후(0일차), 1, 2, 3, 5, 7, 10 및 15일차에, chlorothalonil의 경우 약제 살포 2시간 후 (0일차), 3, 7, 12, 17, 23 및 30일차에 각 구당 6개씩의 사과 시료를 채취하여 사과 1개의 무게를 측정된 후 4분법으로 절단하고 움푹 파인 부분과 씨부분을 제거한 1/4 부분의 무게를 측정하고 잔류분석에 사용하였다.

저장 실험

Chlorpyrifos와 chlorothalonil 살포 7일 및 17일 후에 사과 시료를 채취하여 저장 시료로 사용하였다. 저장조건은 사과의 실온저장조건(10°C)과 냉장조건(4°C)으로 구분하여 6개씩 각 3반복으로 초기 무게를 측정된 후 실온저장의 경우 그물망에 넣어 통기가 되도록 하여 직사광을 차단한 상자에 넣어 보관하였고, 냉장저장의 경우는 poly ethylene bag에 밀봉하여 냉장고에 보관한 뒤 실온저장의 경우 저장 후 5, 10, 20, 30, 45 및 60일에, 냉장저장의 경우 저장 후 15, 30, 45, 60, 90 및 120일에 각 구당 6개 단위로 사과시료를 채취하여 반복구별 무게를 재측정한 후 생물학적 반감기 시료와 동일한 방법으로 4분법으로 절단하여 전처리한 후 chlorpyrifos 및 chlorothalonil의 잔류량을 조사하였다.

Table 2. Pesticides registered for use on apple during cultivation

Pesticide	Formulation	AI ^{a)} content (%)	Standard dilution rate	Safe use standard		MRL ^{d)} (mg/kg)
				PHI ^{b)} (day)	MNA ^{c)}	
<u>Insecticide</u>						
Chlorpyrifos	WP	25	1000	7	4	1.0
<u>Fungicide</u>						
Chlorothalonil	WP	75	600	30	5	1.0

^{a)}AI, active ingredient; ^{b)}PHI, pre-harvest interval; ^{c)}MNA, maximum number of application ^{d)}MRL, maximum residue limit.

Table 3. Physico-chemical properties of soils

Texture ^{a)}	Particle size dist.(%)			pH (1:5)	O.M. (%)	C.E.C. (cmol/kg)
	Clay	Silt	Sand			
SiL	14.6	28.6	56.8	5.8	2.1	11.1

^{a)}SiL : Silty loam

사과 부위별 잔류량 분포 실험

Chlorpyrifos와 chlorothalonil 살포 7일 및 17일 후에 각 구당 6개씩의 사과 시료를 채취하여 무게를 측정 후 4부분으로 균등하게 절단하고 씨부분을 제거한 후 전체무게를 재 측정하였다. 움푹파인 부위의 과피를 박피하여 무게를 측정 후 잔류량을 측정하였다. 또한 움푹파인 부위를 제외한 나머지 과피부위를 박피하여 무게를 측정 후 잔류량을 측정 후 과피를 제거한 과육시료를 마쇄하여 잔류량을 분석하였다. 사과 시료는 채취한 즉시 중량을 측정 후 농약 잔류성 시험기준과 방법¹⁹⁾에 준하여 꼭지와 씨부분 및 양쪽 움푹파인 부분을 제거하고 4분법으로 균등하게 절단하여 세절한 것을 분석시료로 사용하였다.

잔류 분석법

분석시료 25 g을 평량하여 chlorpyrifos의 경우 acetone 80 mL를, chlorothalonil의 경우 acetone 80 mL와 50% 인산 3 mL를 가하여 homogenizer에서 균일하게 마쇄한 다음 Celite 545를 간 Büchner funnel로 감압여과하고 20 mL의 acetone으로 용기 및 잔사를 세척하여 앞서의 여액과 합하였다. 여과액을

40°C 이하의 수욕상에서 회전농축기로 감압농축하여 acetone을 원래 여과액 부피의 1/3 정도의 부피로 유지시켰다. 부분농축한 여과액을 분액여두에 옮겨 넣고 포화 NaCl 용액과 hexane을 가하고 3분간 진탕기로 격렬하게 진탕하여 분석성분인 chlorpyrifos 및 chlorothalonil을 hexane층으로 분배시켰다. Hexane층이 수용액상과 명확하게 분리된 후 hexane 층을 무수 sodium sulfate에 통과시켜 탈수하였다. 남은 수용액상에 50 mL의 hexane을 가하여 위의 분배과정을 반복하여 앞서의 hexane 층에 합하였다. 합한 hexane 층을 40°C 이하의 수욕상에서 회전농축기로 건조 직전까지 농축한 후 잔류분석용 hexane으로 재용해한 후 8.0 g의 florisil이 hexane에 의해 습식충진된 glass column에 loading하여 chlorpyrifos의 경우 hexane 50 mL로 conditioning하고 acetone : hexane(1/99, v/v) 혼합용액 80 mL로 용출시키고, chlorothalonil의 경우 acetone : hexane(1/99, v/v) 혼합용액 50 mL로 conditioning하고 acetone : hexane(5/95, v/v) 혼합용액 80 mL로 용출시켰다. 용출된 용매를 40°C 이하의 수욕상에서 회전농축기로 농축하고 최종적으로 N₂ gas로 건조시킨 후 잔류분석용 acetone에 재용해 한 후 GLC-ECD에 주입하여 나타난 chromatogram상의 peak 면적을 표준검량선에 대입하여 chlorpyrifos 및 chlorothalonil의 잔류농도를 각각 산출하였다. 이때의 GLC-ECD 분석 조건²⁰⁾은 Table 4와 같다.

Table 4. Instrumental conditions for residue analysis of chlorpyrifos and chlorothalonil

■ Instrument	Varian STAR 3400 CX gas chromatography		
■ Detector	Electron Capture Detector		
■ Column	J&W Scientific DB-1 (30 m × 0.25 mm i.d. × 0.25 μm thickness)		
■ Column temperature	180°C(1 min) → 10°C/min. → 280°C(4 min)		
■ Injector port	230°C		
■ Detector block	300°C		
■ Gas flow rate	Carrier N ₂ :	4.3 mL/min	
	Makeup N ₂ :	25 mL/min	
■ Injection volume	1.0 μL		
■ Retention time	chlorpyrifos :	6.4 min	
	chlorothalonil :	8.0 min	

Table 5. Recovery and detection limit of the analytical method of pesticide residues in apple

Sample matrix	Compound	Recovery±SD(%) ^{a)}		MDA ^{b)} (ng)	Detection limit (mg/kg)
		fortification level(mg/kg)			
		0.02	0.1		
Apple	Chlorpyrifos	93.0±1.7	96.2±1.4	0.005	0.002
	Chlorothalonil	94.6±2.1	94.8±3.6	0.005	0.002

^{a)}Mean values of triplicate samples with standard deviations;
^{b)}MDA, minimum detect amount.

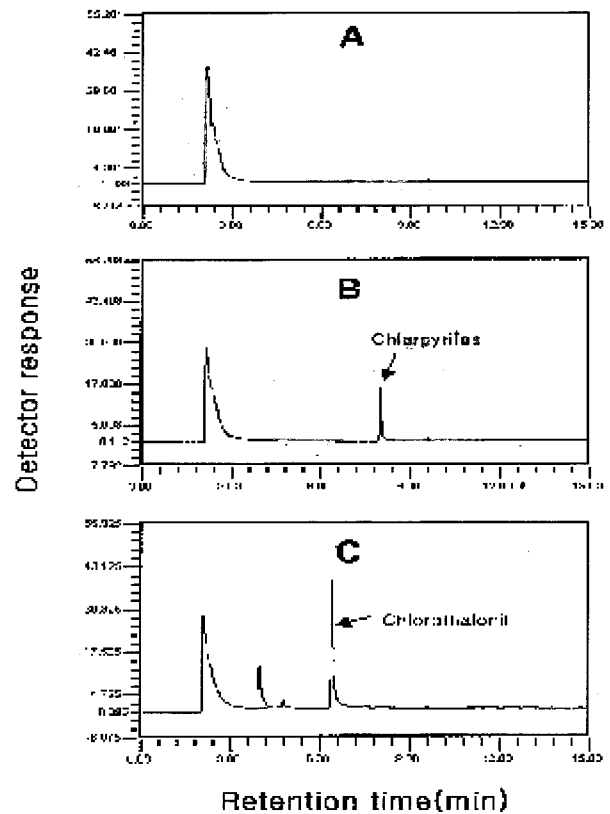


Fig. 1. Typical GLC chromatograms of apple extract. A, control; B, fortified with chlorpyrifos at 0.002 mg/kg; C, fortified with chlorothalonil at 0.004 mg/kg.

결과 및 고찰

잔류분석법의 회수율 및 검출한계

Chlorpyrifos 및 chlorothalonil 표준품을 이용하여 조제된 농약표준액을 사과시료 25 g에 0.02 mg/kg 및 0.1 mg/kg 수준으로 첨가한 후 잔류 분석법에 따라 분석하여 회수율 실험을 수행한 결과는 Table 5와 같다. 사과 시료에서의 회수율은 chlorpyrifos의 경우 91.8~97.8%, chlorothalonil의 경우 90.7~97.6% 정도였으며, GLC상에서의 최소검출량은 두 약제 모두 0.005 ng으로서, 사과시료 25 g에서의 검출한계는 0.002 mg/kg 이었다. 본 연구에서 사용된 chlorpyrifos와 chlorothalonil의 잔류분석법은 Fig. 1의 chromatogram과 같이 방해물질의 간섭없이 분석할 수 있었다.

실험 기간 동안의 기상

Fig. 2에 나타난 바와 같이 실험기간(2001년 10월 6일~11월 15일)중 사과재배 포장의 평균온도는 12.5±4.0°C이었으며 평균강수량은 9.3±15.7 mm이었다.

사과 중 잔류특성

사과재배시 살포한 두 약제의 사과 중 경시적 잔류량의 변화는 약제간에 다소 차이는 있으나 살포 후 시간이 경과함에 따라 그 잔류수준이 빠른 속도로 감소하였다. Chlorpyrifos

살포 15일 및 chlorothalonil 살포 30일 후 까지의 잔류량 변화는 Fig. 3과 같다. Chlorpyrifos는 살포후 15일까지 7회를 분석한 결과 대체적으로 비례적으로 감소되는 경향으로 15일 후에는 초기 농도 0.21 mg/kg의 19.4% 정도 잔류되는 것으로 나타났고, chlorothalonil은 초기농도 2.92 mg/kg의 49.0% 정도 잔류되는 것으로 나타났다.

두 약제의 사과중에서의 잔류량 감소양상은 전형적인 1차 감소반응의 양상을 나타내어 지수함수적으로 그 수준이 감소하였다. 따라서 시간의 경과에 따른 잔류량의 변화를 1차 반응으로 해석하여 회귀식을 구하고 이로부터 생물학적 반감기를 산출한 결과는 Table 6과 같다.

두 약제의 반감기는 chlorpyrifos는 9.3일, chlorothalonil은 32.2일로 나타났다. Chlorpyrifos와 chlorothalonil의 사과에 대한 잔류허용기준(MRL)이 모두 1.0 mg/kg으로 설정되어 있어서 이들의 MRL에 적용시키면 chlorpyrifos는 약제 살포후 8일, 그리고 chlorothalonil은 49일 이후에 수확하는 것이 바람직한 것으로 나타났다. 현재 국내의 chlorpyrifos 및 chlorothalonil의 사과에 대한 안전사용기준일은 각각 수확 7일 및 30일전까지 사용할 수 있도록 설정되어¹⁷⁾ 있다.

Table 6. Biological half-life of pesticides in apples

Pesticide	Treatment	Regression curve		Half-life (day)
		Equation	r	
Chlorpyrifos	Field	$R = 1.7890 \cdot e^{-0.0802t}$	0.9121	9.3
	10°C	$R = 1.3501 \cdot e^{-0.0250t}$	0.8795	35.0
	4°C	$R = 1.3010 \cdot e^{-0.0060t}$	0.7493	120.7
Chlorothalonil	Field	$R = 3.0441 \cdot e^{-0.0229t}$	0.9293	32.2
	10°C	$R = 2.5340 \cdot e^{-0.0122t}$	0.8885	56.3
	4°C	$R = 2.6432 \cdot e^{-0.0051t}$	0.7865	182.8

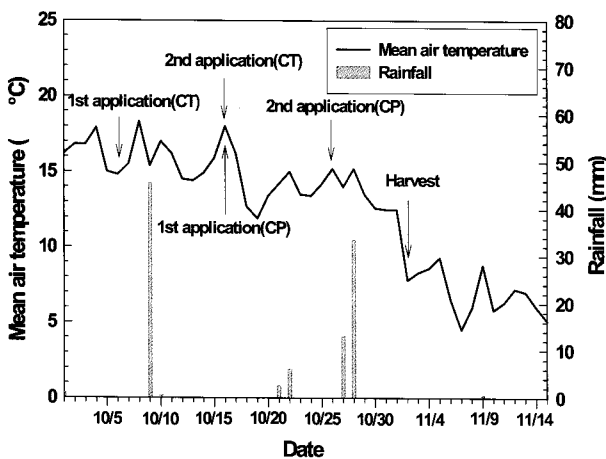


Fig. 2. Temperature and rainfall during the experiment.

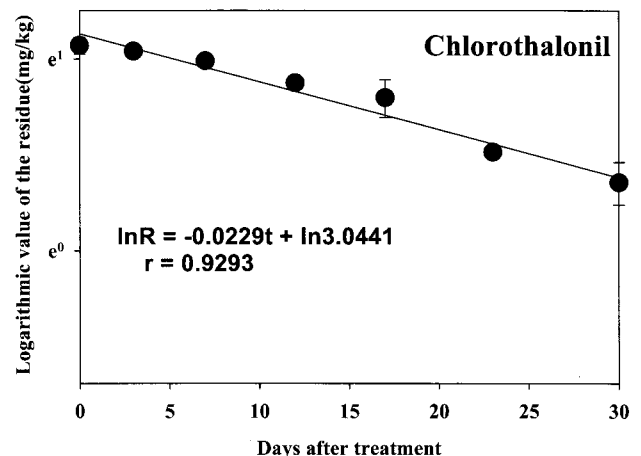
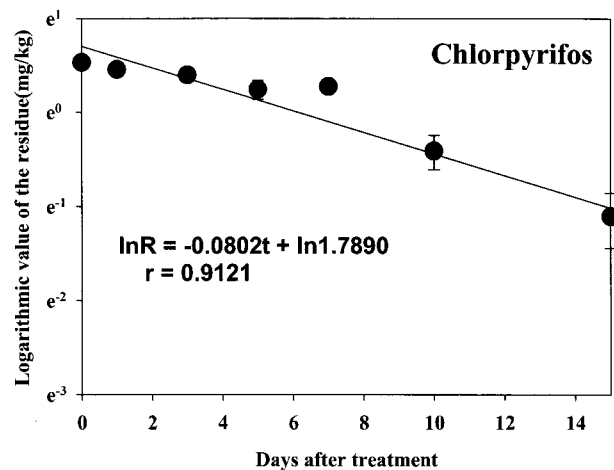


Fig. 3. Persistence of chlorpyrifos and chlorothalonil in apple under field condition.

그러나 본 연구결과에서 chlorpyrifos는 약제 살포 7일 후에 1.02 mg/kg, chlorothalonil은 약제 살포 30일 후에도 1.53 mg/kg으로 MRL값 보다 높게 검출되는 것으로 나타났다. 따라서 현재의 안전사용기준 최종 살포일을 기준으로 약제를 살포하여도 최종 잔류량이 수확일에는 잔류허용기준치를 상회하여 다소 문제가 되는 것으로 나타났다.

이상의 결과들로부터 현재 출하전 잔류량 검사시 분석된 잔류량으로부터 출하시 예상되는 잔류량을 실용적으로 산출할 수 있을 뿐만 아니라 작물의 출하시기를 결정하는데도 크게 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

저장기간 동안의 사과 중 잔류량 변화

Chlorpyrifos 살포 후 7일째 및 chlorothalonil 살포 후 17일째에 수확된 사과 시료의 저장조건 및 기간에 따른 잔류량 변화는 Fig. 4 및 5와 같다. 실온저장시 chlorpyrifos는 60일째에 초기농도 1.31 mg/kg의 30.5% 정도가 남아 있었고, chlorothalonil은 초기농도 2.55 mg/kg의 46.3% 정도 잔류하였다. 냉장(4°C)보관시에는 저장 120일째에 chlorpyrifos 48.8%, chlorothalonil 53.8% 정도가 잔류하는 것으로 나타나 저장조건 및 기간에 따라서 사과중 농약 잔류량이 크게 영향을 받는 것으로 나타났다.

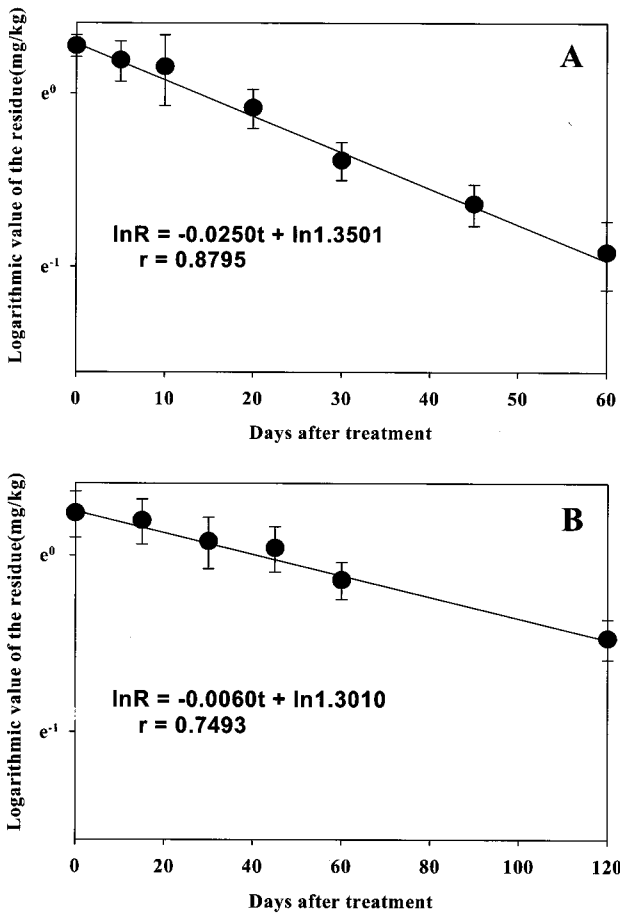


Fig. 4. Changes in residues of chlorpyrifos during storage at different temperature. A, 10°C; B, 4°C.

저장조건 및 기간에 따라 두 약제의 소실되는 정도를 직선회귀식에 의해 구한 반감기는 Table 7과 같이 실온일 경우 chlorpyrifos 35.0일, chlorothalonil 56.3일 그리고 냉장일 경우 chlorpyrifos 120.7일, chlorothalonil 182.8일로 나타났다. 저장 실험의 결과에 의하면 chlorpyrifos 및 chlorothalonil의 초기 농도가 MRL값 1.0 mg/kg 이상인 사과를 실온에서 저장시 두 가지 약제 모두 MRL 이하로 감소되는데 각각 0.8일 및 36.1일이 더 소요되는 것으로 나타났고, 냉장(4°C)보관시에는 두 가지 약제 모두 소실속도가 더욱 느려져 3.3일 및 83.4일이 더 소요되어 저장에 따른 잔류농약의 감소량은 아주 미미한 것으로 나타났다^{14,15}. 이러한 저장 실험의 결과는 사과 저장중의 저장기간이나 저장조건에 따른 잔류량 변화를 실용적으로 예측할 수 있는 자료가 될 뿐만 아니라, 작물의 신선도를 유지하기 위해 행하는 냉장보관이 오히려 사과중 잔류농약의 감소속도를 감소시킬 수가 있다는 것도 시사하고 있다.

따라서 재배단계 실험에서 나온 생물학적 반감기 식을 이용하여 출하시 잔류량을 잔류허용기준 이하로 유지되는 날짜에 수확하거나 약제 살포시기를 조절한 후 수확한 사과를 냉장보관을 행하는 것이 안전성 측면에서는 바람직할 것으로 사료된다.

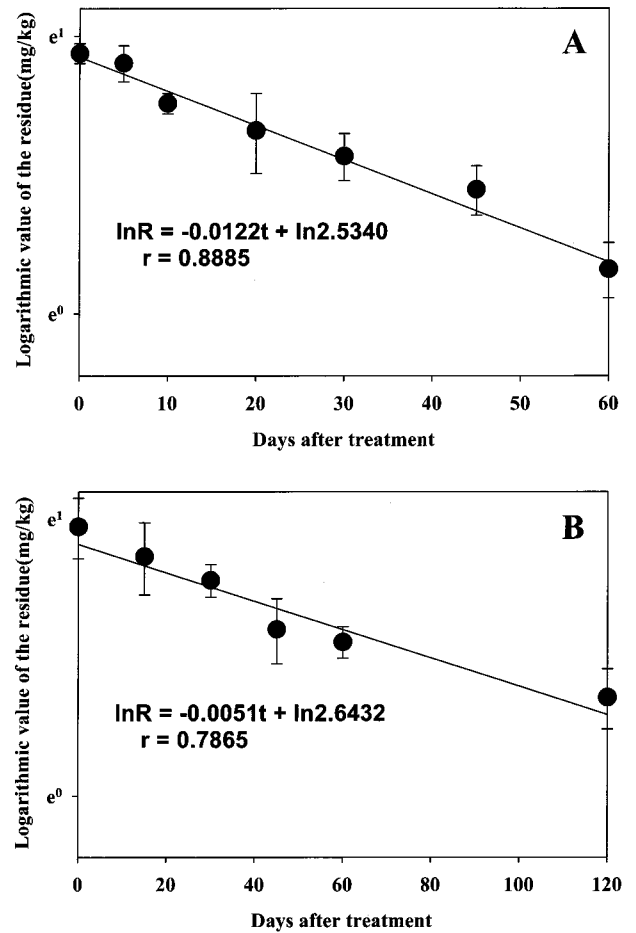


Fig. 5. Changes in residues of chlorothalonil during storage at different temperature. A, 10°C; B, 4°C.

사과의 부위별 잔류량

사과에서의 두 약제의 잔류분포를 조사하기 위해 chlorpyrifos 살포 후 7일째 및 chlorothalonil 살포 후 17일째 채취한 사과 시료의 과육, 과피 및 움푹파인 부분으로 분류한 뒤 잔류량을 측정하고, 각 약제의 사과 중의 분포를 조사한 결과는 Fig. 6과 같다. 사과중 잔류농약은 chlorpyrifos의 경우 움푹파인 부위의 과피 77.1%, 나머지 과피 22.8%, 과육 부위에서는 0.1% 나타났고, chlorothalonil의 경우 움푹파인 부위의 과피 85.2%, 나머지 과피 10.4%, 과육 부위에서 4.4%로 나타났다. 두 약제 모두 움푹파인 부위의 과피에서 77% 이상의 농약이 잔류하였는데 이는 사과의 형태적 특성으로 인하여 농약살포액이 계속적으로 움푹파인 부위에 집적되어 고농도로 존재하면서 일부만이 휘산되거나, 광분해, 강우에 의한 유실 등으로 제거되고 상당수는 마른 상태로 존재하기 때문이다.

또한, 사과 중 잔류농약의 대부분인 95~99%가 과피에 잔류하고 과육에는 극미량만이 잔류하였는데, 이러한 결과는 이들 농약이 물에 대한 용해도가 낮고 침투성이 약하여 수분함량이 높은 사과조직 속으로 거의 침투·이행하지 못하고 hydrophobic

한 성질을 나타내는 사과의 표피 wax층에 유입되어²¹⁾ 거기서 잔류하기 때문에 사과의 껍질을 제거한다면 사과에 잔류되어 있는 농약의 대부분이 제거되는 것으로 나타났다.

요 약

사과의 생산단계에서의 잔류허용기준 설정과 최종 소비단계에서의 안전성 평가자료로 활용하기 위하여 사과에 많이 살포되는 살충제 chlorpyrifos 및 살균제 chlorothalonil의 사과 재배기간 중 생물학적 반감기, 보관방법에 따른 잔류량 변화 그리고 부위별 잔류량 분포를 조사하였다. 사과 재배단계에서의 생물학적반감기는 chlorpyrifos 살포 후 15일, chlorothalonil 살포 후 30일까지의 잔류량 변화를 조사한 결과 chlorpyrifos 9.3일, chlorothalonil 32.2일로 나타났다. 사과의 유통과정중에서 일어날 수 있는 두 약제의 잔류량 변화는 실온저장시 chlorpyrifos 35일, chlorothalonil 56.3일이었고, 냉장저장시에는 chlorpyrifos 120.7일, chlorothalonil 182.2일의 반감기를 나타내었다. 사과의 부위별 잔류량을 조사한 결과 chlorpyrifos의 경우 움푹 파인 부위의 과피 77.1%, 나머지 과피 22.8%, 과육 부위에서는 0.1%로 나타났고, chlorothalonil의 경우 움푹 파인 부위의 과피 85.2%, 나머지 과피 10.4%, 과육 부위에서 4.4%로 나타났다. 사과 중 두 약제의 잔류량은 대부분인 95~99%가 과피에 잔류하는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 2002년 농림기술개발사업 연구비 지원에 의해 수행된 과제의 일부임.

참 고 문 헌

1. 송병훈 (1992) 우리나라 농산물중의 잔류농약과 안전성, 한국식품위생안전성학회지 7(2), 207-217.
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, *Korean J. Environ. Agric.* 21(2), 149-155.
3. Choi, K. I., Seong, K. Y., Jeong, T. G., Lee, J. H., Hur, J. H., Ko, K. Y. and Lee, K. S. (2002) Dissipation and removal rate of dichlofluanid and iprodione residues on greenhouse cherry tomato, *Korean J. Environ. Agric.* 21(4), 231-236.
4. 강상조 (2003) 2003년도 과실수급 동향과 전망, *한국과수* 144, 2-4.
5. 배추김치의 담금 및 숙성과정중 유기인계 농약의 제거 (2002) 박종우, 주리아, 김장익, 한국식품위생안전성학회지 17(2), 87-93.

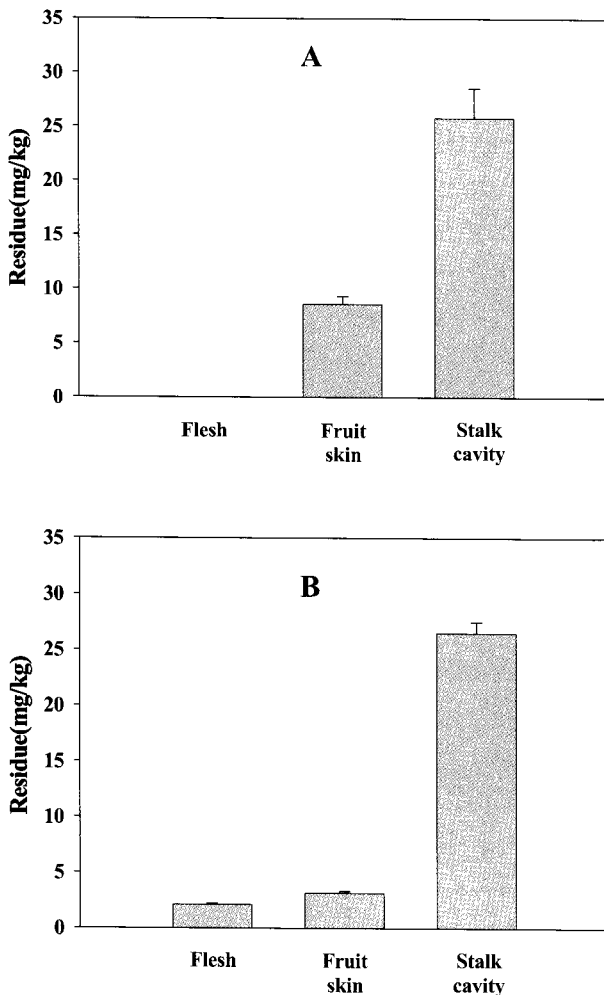


Fig. 6. Distribution of chlorpyrifos and chlorothalonil residues in apples. A, chlorpyrifos; B, chlorothalonil.

6. 정영호, 김장익, 김정한, 이영득, 임치환, 허장현 (2000) 최
신농약학, 시그마프레스, p.341-361.
7. 고복실, 전태환, 정규생, 이성국 (1996) 세척방법에 따른
상추중 유기인 잔류농약의 제거효과, 한국농촌학회지 21(2),
159-160.
8. 제갈성아, 한영선, 김성애 (2000) 싹과 배추의 세척 및 가
열에 의한 유기인계 농약의 제거효과, 한국식품과학회지
16(5), 410-414.
9. Pappas, C. J., Athanasopoulos, P. E., Kyriakidis, N. B.
(1998) Degradation of azinphos ethyl in apples stored
in different conditions, *J. Agric. Food Chem.* 46, 2092
-2095.
10. Panagiotis E. Athanasopoulos, Christos Pappas (2000)
Effects of fruit acidity and storage conditions on the
rate of degradation of azinphos methyl on apples and
lemons, *J. Agric. Food Chem.* 69, 69-72.
11. Noubar J. Bostanian, Andra Belanger, France Boudreau,
and Mailloux (1993) Dissipation of cyhalothrin residues
on apple foliage and apples at harvest, *J. Agric. Food
Chem.* 41(2), 292-295.
12. Saad M. Ismail, Hussein M. Ali, and Ramadan A.
Habiba (1993) GC-ECD and GC-MS analysis of profe-
nofos residues and its biochemical effects in tomato
products, *J. Agric. Food Chem.* 41(4), 610-615.
13. Makoto Miyahara and Yukio Saito (1993) Pesticide
removal efficiencies of soybean oil refining processes, *J.
Agric. Food Chem.* 41(5), 731-734.
14. Michel Galoux, Michel De Proft, and Albert Bernes
(1992) Aldicarb in edible potato crops: Agronomic interest
and residues in tubers during growth and after cooking,
J. Agric. Food Chem. 40(1), 139-141.
15. Guye H. Willis, Leslie L. McDowell, Sammie Smith, and
Lloyd M. Southwick (1992) Foliar washoff of oil-applied
malathion and permethrin as a function of time after
application, *J. Agric. Food Chem.* 40(6), 1086-1089.
16. Yukari Tsumura-Hasegawa, Yasuhide Tonogai, Yumiko
Nakamura and Yoshio Ito (1992) Residue levels of dichl-
orvos, chloropham, and pyrethrins in postharvest-treated
potatoes during storage or processing into starch, *J.
Agric. Food Chem.* 40(7), 1240-1244.
17. 농약공업협회 (2002) 농약사용지침서, p.206-207, p.292-293.
18. Tomlin, C. D. S. (2000) In *The Pesticide Manual* (12th
ed.), British Crop Protection Council, Surrey, UK. p.227
-229, p.235-237.
19. 농촌진흥청 (2000) 농약등록시험담당자 교육교재; 잔류성
시험의 기준과 방법, 농촌진흥청 고시 제2000-1호.
20. 農藥殘留分析法研究班：最新農藥の分析, 中央法規出版社,
東京, 1995, p.513.
21. 이해근, 이영득, 신용화 (1988) 사과와 감귤중 농약잔류에
관한 조사 연구, 농시논문집(작물보호편) 30(3), 42-51.