

고추와 착색단고추 재배 중 사용한 Chlorpyrifos의 잔류특성

손경애* · 권혜영 · 김진배 · 진용덕 · 김택겸 · 김찬섭 · 길근환 · 임건재 · 이기운¹농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부, ¹경북대학교 농업생명과학대학

(Received on June 26, 2012. Revised on July 31, 2012. Accepted on August 19, 2012)

The residue characteristics of chlorpyrifos in chilli and sweet peppers

Kyeong-Ae Son*, Hyeyoung Kwon, Jin Bae Kim, Yong-Duk Jin, Taek-Kyum Kim, Chan Sub Kim, Geun-Hwan Gil, Geon-Jae Im and Key-woon Lee¹

Department of Agro-food safety, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea

¹Applied Biology and Chemistry Division, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

Abstract The characteristics of chlorpyrifos was studied to clarify the effect of the cultivation season, spray intervals, spray volume and concentration on residues in chilli and sweet peppers cultivated under greenhouse condition. Residue levels of chlorpyrifos detected in chilli pepper fruit cultivated were 1.5 to 2.7 times higher in winter(February-March) than those in summer(June-July). During winter season residue levels of chlorpyrifos in chilli peppers were 6.9~3.2 times higher than those in sweet peppers for 10 days after 3 times application with 7 days interval. Residue levels in chilli pepper were from 2.070 mg/kg at 1 day to 0.929 mg/kg at 10 day, while those in sweet pepper were from 0.302 mg/kg to 0.291 mg/kg. Residue levels in sweet pepper to which are 3 times applied with 7 days interval were from 0.302 mg/kg at 1 day to 0.291 mg/kg at 7 day, and the residue levels in sweet pepper which are 3 times applied with 3 days interval were from 0.498 mg/kg at 1 day to 0.470 mg/kg at 7 day. Residue levels of chlorpyrifos in the sweet peppers applied by double concentration were 2.5 times higher than those sprayed by normal standard amounts diluted in double volume.

Key words Chlorpyrifos, Sweet pepper, Chilli pepper, Pesticide residue

서 론

고추와 착색단고추는 국내에서 일 년 연중 재배되며 생산 면적과 수출물량 면에서 경제적으로 중요한 작물이다. 고추류는 조미료로 쓰이는 건고추와 생식용으로 쓰이는 풋고추를 포함하는 고추와 착색단고추가 있다. 식물학적으로 Solanaceae(가지과) Capsicum(고추속) Anuum(고추종)으로 분류되며 6개의 아종이 있다. 착색단고추는 단고추 아종(Sweet or Bell pepper. *Capsicum annuum* L. var. *grossum*)에 홍고추나 풋고추는 칠리고추 아종(Chilly pepper. *Capsicum annuum* L. var. *acuminatum*)에 속한다.

풋고추는 개화 후 15일이면 수확이 가능하며 작은 과실의 품종은 15~18 g 전후이고 홍고추는 대개 개화 후 45일 정도(적산온도 1000~1300°C)되어야 착색이 되고 성숙하므로 중부지역은 8월 하순까지, 남부지역은 9월 5일 이전에 개화, 착과되어야 한다. 남부지방에서 시설재배는 11월 중순경에 정식하여 월동하면서 풋고추를 생산하는 특성재배와 고온기에 육묘하여 9월 중순경에 정식, 재배하고 시설에서 월동하는 억제재배가 적합하다(농촌진흥청 2008). 노지 고추는 54,876 ha로 2007년 채소전체 재배면적 277,520 ha의 19.8% 비율을 차지하며, 지역별로는 경북이 26.9%를 차지하고 있다. 시설풋고추는 5,966 ha로 2007년 채소전체 재배면적의 2.1% 비율을 차지하며 경남이 전체의 30.2%를 차지하고 있다(농림수산식품부, 2008).

착색단고추는 개화 후 약 42일후에 최고의 크기에 도달하

*Corresponding author

Tel: +82-31-290-0577, Fax: +82-31-290-0508

E-mail: sky199@korea.kr

여 형태적 발육을 마치고 성숙과정에 들어간다. 개화 후 60 일경에 착색된 120~220 g의 열매를 수확하며 10개월 동안 재배가 가능하다. 착색단고추는 바이러스에 쉽게 감염되어 생육에 지장을 받게 되는데 특히 육묘기간동안에 바이러스를 매개하는 진딧물의 철저한 방제가 필요하다(농촌진흥청 2003). 착색단고추는 일본에 수출하는 주요 농산물 중 하나로서 통관과정에서 잔류농약의 기준초과가 문제가 되어 수입건수의 5%에 대한 검사체제에서 반복적 위반사례 발생으로 전수검사 체제로 들어간 사례가 2003년 이후 3회 발생되었다. Chlorpyrifos가 일본 농약잔류허용기준 0.5 mg kg^{-1} 을 초과한 사건은 담배가루이(*Bemisia tabaci* Glover)를 방제하기 위해 무리하게 농약을 사용한 것으로 해석되었다.

2005년 경남지역 착색단고추와 토마토 시설하우스에 담배가루이가 다발하였다(이 등, 2005). 담배가루이는 동절기에도 시설재배지 인근의 노지 잡초에서 성충이나 약충이 채집된 보고가 있다(연 등, 2009). 일부 농가에서 고추에 등록된 chlorpyrifos 10% + α -cypermethrin 1% 유제를 살포하였으며 2006년 1월 일본으로 수출된 착색단고추에서 chlorpyrifos가 한국과 일본 양측에 설정된 잔류허용기준 0.5 mg kg^{-1} 을 초과하였다(농촌진흥청, 2010). Chlorpyrifos 10% + α -cypermethrin 1% 유제는 1,000배 희석액을 고추의 진딧물과 담배나방을 방제하기 위하여 수확 3일전 3회 사용하도록 등록되어 있다(한국작물보호협회, 2012). 고추에 등록된 농약을 적용 확대하여 착색단고추에 사용할 때 작물 중 농약잔류량의 차이를 알아보기 위하여 두 작물간 잔류량 비교시험이 필요하였다. 또한 경남지역의 담배가루이 과다 발생이 '05년 봄부터 시작되었음에도 chlorpyrifos의 잔류기준 위반이 하절기에는 발생하지 않고 동절기인 '06년 1월에 발생한 원인을 찾기 위하여 동절기와 하절기의 계절별 잔류특성을 조사할 필요가 있었다.

따라서 본 연구는 시설재배 풋고추와 착색단고추를 대상으로 재배시기별, 약제 살포 방법별 chlorpyrifos 잔류량을 조사하여 잔류허용기준 위반사례의 원인을 구명하고 안전농산물을 생산하는 기초 자료를 마련하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험작물 및 시험포장

본 시험은 고추(품종: 녹광)와 착색단고추(품종: 포드)를 대상으로 하였으며, 경남 진주에 위치한 고추 재배농가와 착색단고추 재배농가의 온실에서 수행되었다. 시험 시기는 동절기와 하절기로 나누어 수행하였으며, 동절기는 2006년 2~3월, 하절기는 6~7월에 수행하였다.

시험약제

시험에 사용된 농약은 일본으로 수출한 착색단고추에 사

용되었다고 알려진 chlorpyrifos 10% + α -cypermethrin 1% 유제(상표명:강타자)를 선정하였으며, 작물 중 chlorpyrifos 잔류량 분석을 위하여 순도 99.0% 표준품을 Dr. Ehrenstorfer GmbH사(Germany)로부터 구입하여 사용하였다.

고추류 작물 중 약제살포방법

시설재배 고추 및 착색단고추에서 재배시기별 농약잔류특성을 조사하기 위해 약제살포는 chlorpyrifos 10% + α -cypermethrin 1% 유제 1000배 희석액을 배부식 동력분무기를 이용하여 7일 간격 3회 살포하였다. 최종 경엽살포 후 1, 3, 7, 10일에 시료를 채취하고 채취된 시료는 균질화 시킨 후 -20°C 냉동고에 보관한 후 사용하였다. 이 시험농약의 살포간격에 관한 지침이 없으나 일반적인 살충제의 사용기간이 7~10일 간격이므로 7일 간격으로 살포하였다. 예를 들어 dinotefuran 8% + spinetoram 2% 액상수화제는 고추(단고추류 포함)의 담배가루이 방제를 위하여 7일 간격 2회 사용하도록 하고 있다. 또한 농가에서는 약효가 없다고 보일 경우 2~3일 간격으로 농약을 사용하는 사례가 있어 살포 간격을 3일 간격으로 하는 처리구를 두어 약제살포 간격별 농약잔류량을 비교하였다.

착색단고추 재배시 농약잔류특성을 조사하기 위해 농약의 살포간격을 3일 간격과 7일 간격으로 구분하여 각각 3회 살포 후의 일자별 잔류량을 조사하였고, 또한 약제처리농도에 따른 잔류특성을 조사하기 위해 추천희석배수인 1,000배액과 그의 배량인 500배액을 살포하여 일자별 잔류량을 비교하였다. 살포약량이 잔류에 미치는 영향을 조사하기 위하여 1000배액을 $17 \text{ L}/100 \text{ m}^2$ 와 $35 \text{ L}/100 \text{ m}^2$ 구분하고 살포구간의 잔류량을 검토하였다.

Chlorpyrifos 잔류농약 분석 및 회수율 시험

Chlorpyrifos 잔류농약분석은 일본 잔류분석연구회(1995) chlorpyrifos 분석법과 김(1998)의 다성분동시분석법을 참고하였다. 꼭지를 제거하고 균질화된 고추시료 20 g 또는 착색단고추시료 50 g에 acetone 100 mL를 가하여 고속균질기로 5분간 균질화한 후 추출물을 Bchner funnel 상에서 여과지(No. 6)에 통과시켜 흡인 여과하고 추가의 acetone 50 mL로 잔사 및 용기를 씻어내려 앞서의 여액과 합하였다. 이 여과액을 농축과정 없이 1 L 분액여두에 옮겨 증류수 450 mL, 포화식염수 50 mL와 dichloromethane 50 mL를 가하여 250 rpm에서 5 분간 진탕한 후 층이 완전히 분리될 때까지 정지하였다. 하부의 dichloromethane층은 sodium sulfate anhydrous를 통과시켜 수분을 제거하고 증류플라스크에 모았다. 남은 물층에 추가로 dichloromethane 50 mL를 넣고 같은 조작을 반복하여 dichloromethane층을 탈수하여 앞의 여액과 합친 후 40°C 수조에서 감압 농축하였다. n-hexane/acetone 혼합액(95/5, v/v) 5 mL로 증류플라스크 내벽에 붙어 있는 잔사

Table 1. GC operating condition for analysis of chlorpyrifos

Instrument	Agilent (USA) 6890 GC equipped with NPD	
Column	HP-5 (0.25 mm i.d. × 30 m length, 0.25 µm film thickness)	
Temp.	Injector port	250°C
	Detector block	300°C
	Oven	Oven 100°C(1 min.)-10°C/min-270°C(5 min.)
Carrier gas flow	N ₂ 1 µL/min	
Injection mode	splitless	
Injection volume	1 µL	
Retention Time	14.1 min	

를 재용해 하였다. 활성화한 Florisil(60~100 mesh) 5 g을 유리관(내경 11 mm, 길이 20 cm)에 건식충전한 후 sodium sulfate anhydrous 2 g을 그 위에 깔고 n-hexane 50 mL로 pre-washing 하였다. Sodium sulfate 층이 노출되기 직전, 앞서 농축액 시료 2 mL를 첨가한 후 n-hexane/acetone 혼합액(95/5, v/v) 50 mL로 통과시켜 유출액을 버리고 n-hexane/acetone 혼합액(85/15, v/v) 50 mL로 용출한 액을 증류플라스크에 받았다. 용출액은 40°C 수조에서 감압하여 농축, 건조하고 acetone 2 mL로 재용해 하여 NPD가 장착된 가스 크로마토그래프로 분석하였다(Table 2).

회수율실험은 acetone에 녹인 chlorpyrifos 표준용액을 고추 및 착색단고추 농약 무처리 시료에 0.1 mg kg⁻¹, 1.0 mg kg⁻¹ 수준으로 각각 첨가한 후 위에 기술한 추출 및 정제과정을 수행하여 회수율 및 분석오차를 산출하였다.

반감기 산출

농약잔류량의 평균치로 경과일수에 따른 잔류량 감소식 $\ln(y)=ax+b$ (y:잔류량, b:초기농도, a:기울기, x:시간)을 계산하여 살포 후 경과일수에 따른 반감기를 산출하였다.

결과 및 고찰

Chlorpyrifos의 이화학적 특성은 K_{ow} logP 4.7 (21°C), 물에 대한 용해도 1.4 mg/L(25°C)의 특성을 가진 비극성 화합물이다(Tomlin, 2006). 직접적 광분해는 chlorpyrifos의 분

해에 효과적이지 않다고 알려져 있다(Muhamad, 2010). Chlorpyrifos는 헤테로고리 이탈기를 가진 지효성 접촉독제이며 물에 대한 용해도는 낮으며, 식물잎에 살포된 후 잎의 왁스질 각피 속으로 침투되어 최초의 접촉부위로부터 단거리 확산될 수 있으며 식물의 뿌리에 처리한 후 지상부로 이동하는 다량의 이행가능성은 배제된다고 알려져 있다(박 등, 1993).

분석법의 회수율

잔류분석법의 적합성을 검증하기 위하여 실시한 회수율은 98~110%였고 정량한계는 풋고추 0.03 mg kg⁻¹, 착색단고추 0.01 mg kg⁻¹으로 농약의 잔류양상을 비교평가하는데 있어서 별다른 문제점은 없었다(Table 2).

재배시기별 풋고추 중 chlorpyrifos 잔류량

재배시기에 따른 시설재배 풋고추 중 chlorpyrifos의 잔류량은 Fig. 1에서와 같다. 7일 간격 3회 경엽 살포 후 동절기(2~3월)와 하절기(6~7월)의 잔류량을 비교하였다. 2월 21일부터 3월 16일까지 동절기 온실의 온도는 21.4±1.6°C이며 습도는 78.8±9.6%였다. 하절기에는 1.349~0.340 mg kg⁻¹, 동절기는 2.175~0.929 mg kg⁻¹으로 조사되어 동절기가 하절기 보다 1.5~2.7배 많은 잔류량이 검출되었다. 잔류감소 회귀식은 동절기 $\ln(y) = -0.0924x + 0.9409$ (R² = 0.9024), 하절기 $\ln(y) = -0.1499x + 0.5643$ (R² = 0.9362)이며 반감기는 동절기 4.9일, 하절기 1.8일로 조사되어 동절기 기간 중 반

Table 2. Recoveries and limits of quantitation of chlorpyrifos

Crop	Fortification (mg kg ⁻¹)	Recovery (%)				Limit of quantitation (mg kg ⁻¹)
		Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Mean	
Pepper	0.1	110	110	110	110±0.0	0.03
	1.0	98	99	104	100±3.2	
Sweet pepper	0.1	100	110	112	110±9.1	0.01
	1.0	107	111	106	108±2.4	

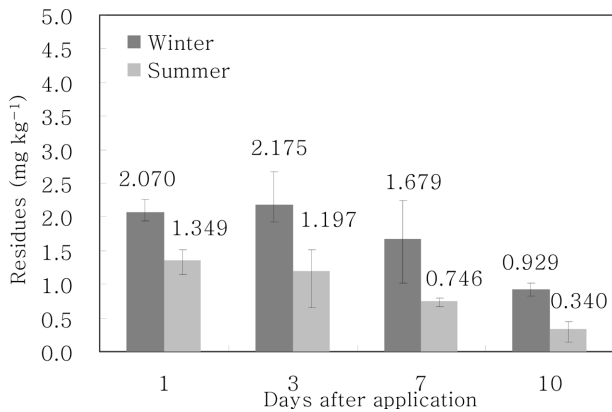


Fig. 1. Residues of chlorpyrifos in peppers between seasonal differences.

감기가 더 길었다. Martinez Vidal J. L. 등(1998)은 온실의 형태와 재배시기에 따라 chlorpyrifos의 잔류경감양상이 달라지며 온실에서 재배한 토마토 시험에서 chlorpyrifos의 잔류량 감소에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 계절이라고 하였다. 하절기에는 동절기에 비해 온도 및 일조량이 높기 때문에 작물의 생육은 빠르고 잔류량은 낮다고 생각된다.

고추에 대한 농약안전사용기준은 수확 3일전 3회 살포이나, 본 실험을 수행한 온실조건에서 동절기는 살포 후 10일째까지 0.929 mg kg⁻¹이 잔류되었고 하절기에는 살포 후 7일째까지 0.746 mg kg⁻¹으로 검출되어 잔류허용기준 0.5 mg kg⁻¹을 충족하지 못하는 결과를 보였다. 이는 약제 살포시 고추 나무의 수관구조, 살포자, 살포물량 및 분무기의 노즐이나 분무 압력 등 살포조건에 따른 열매 중 농약 부착량 차이로 추정되었다.

겨울재배시 풋고추와 착색단고추 중 chlorpyrifos 잔류량 비교

동절기인 2~3월에 chlorpyrifos를 7일 간격 3회 경엽살포한 후 1일 10일 동안 시설풋고추와 착색단고추 중 잔류량을 비교하였다(Fig. 2). 최종 살포 후 풋고추 중 잔류량은 1일 2.070, 3일 2.175, 7일 1.679, 10일 0.929 mg kg⁻¹이었으며, 같은 처리를 한 착색단고추 중 잔류량은 1일 0.302, 3일 0.302, 7일 0.286, 10일 0.291 mg kg⁻¹으로 조사되어 풋고추의 잔류량이 많은 것으로 나타났다. 고추의 농약안전사용기준 대로 농약을 사용시 착색단고추에서는 잔류허용기준 0.5 mg kg⁻¹이하였다. 농약잔류량 경감 요인으로 작물 증체량에 따른 희석효과를 고려할 때 비대성장하는 풋고추에 비해 수확직전 15~20일 착색기간 동안 증체량 변화가 적은 착색단고추의 잔류량 경감속도가 느렸다. 조 등(2011)은 착색단고추가 오이에 비하여 긴 생물적 반감기를 갖는 것은 착색단고추 열매는 수확 2주 전후에 과중의 변화가 거의 없이 착색에 소요되는 성숙과정이기 때문으로 생각하여 본 시험결

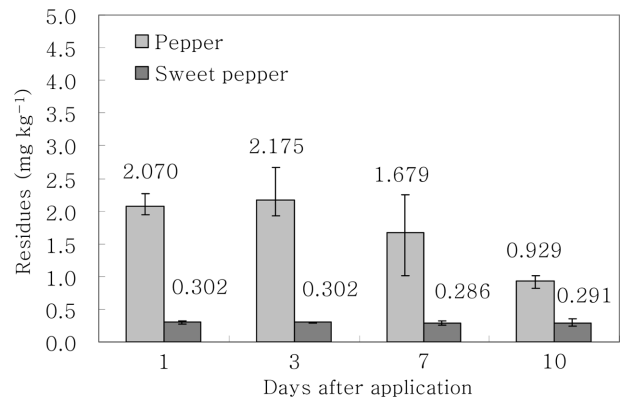


Fig. 2. Comparison of chlorpyrifos residue between chilli pepper and sweet pepper.

과와 같은 경향이였다. 따라서 착색단고추는 과량의 농약을 살포할 경우 수확 후 잔류량이 높게 남아 있을 가능성이 높음을 보여 주었다.

권 등(2004)은 방울토마토의 비표면적이 완숙토마토 보다 2.15배 더 크며, 농약의 물리화학적 성질이 다른 4종 농약의 잔류량을 측정된 결과 방울토마토의 잔류량이 살포일수 및 살포 횟수에 관계없이 1.4~2.4배 정도 많이 잔류되어 토마토 과중간의 비표면적 비와 농약 잔류량이 상관성이 있는 것으로 확인되었으며 농약살포 후 최종 수확까지 방울토마토와 토마토의 비대생장이 없었기 때문에 비표면적이 주된 인자로 작용한 것으로 해석하였다. 풋고추가 착색단고추보다 잔류량이 많아 3회 살포 후 두 작물의 초기 잔류량은 2.070 mg kg⁻¹과 0.302 mg kg⁻¹으로 약 6.8배, 10일 후에는 0.929 mg kg⁻¹과 0.291 mg kg⁻¹로 약 3.1배의 차이가 나타나 본 시험의 잔류량도 비표면적의 영향을 받았지만 실제 잔류량의 차이가 6.9배로 비표면적비 2.4배 보다 크므로 부착량에 미치는 다른 요인들을 더 검토할 필요가 있었다. 완숙토마토와 방울토마토는 구형이고 비슷한 비대기와 착색기간을 가지므로 비표면적으로 잔류량의 차이가 비교되는 반면 풋고추는 수확 전까지 비대기이고 착색단고추는 착색기를 거치는 생육특성이 달라 비표면적으로 두 작물간의 초기부착량 차이를 설명하는 것은 부족하였다. 수확직전 착색단고추의 착색기간은 과중의 변화가 없지만 풋고추의 비대기는 과중이 늘어나는 점과 농약의 잔류농도가 시료 무게 대비 잔류약량으로 구해지는 점을 이용하여 작물에 부착된 약량의 차이로 두 작물간 초기부착량을 비교할 필요가 있었다.

농약 살포일 간격에 따른 착색단고추 중 chlorpyrifos 잔류량

농약 살포주기 및 살포 간격일수에 따른 착색단고추 중 chlorpyrifos의 경시적 잔류성은 3일 간격 3회 살포 후 1~7일까지 잔류량은 0.498~0.470 mg kg⁻¹수준으로 검출되었으며, 7일 간격 3회 살포할 경우 0.302~0.286 mg kg⁻¹수준으로 검

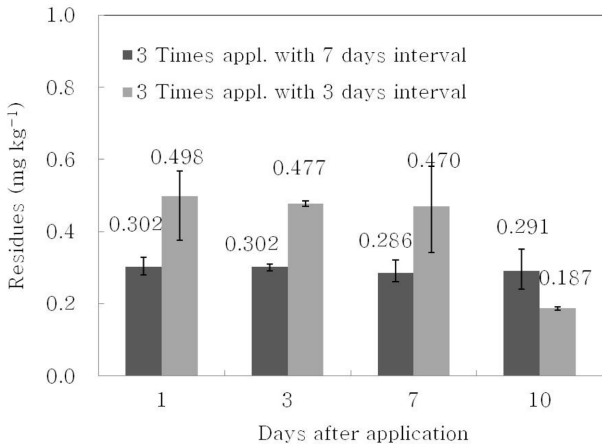


Fig. 3. Comparison of residue amount in sweet pepper by chlorpyrifos spray interval.

출되었다(Fig 3). 총 3회 경엽살포 중 일차 살포일로부터 시료채취일까지 시간이 15~21일이 소요된 7일 간격 처리구의 잔류량이 일차 살포일로부터 시료채취일까지 시간이 8~14일이 걸린 3일 간격 처리구의 잔류량보다 전반적으로 낮았다. 이는 부피생장이 없고 착색기가 15일 이상 지속되는 착색단고추에서 식물체내 이행성이 없는 농약의 경우, 살포 간격일이 짧을수록 최종 살포 후 착색단고추 중 초기 잔류량이 높음을 보여 주었다.

희석농도 및 살포량 차이에 따른 착색단고추 중 chlorpyrifos의 잔류량

농약 살포시 약액의 농도가 농약 잔류에 미치는 영향이 크지 아니면 동일 농도이지만 투여된 살포물량의 차이가 미치는 영향이 더 큰지 밝히기 위하여 약액의 농도를 달리 하였을 때와 동일 농도에서 투여된 살포 물량을 달리 하였을 때를 비교하였다.

살포액의 희석농도 차이에 따른 착색단고추 중 chlorpyrifos

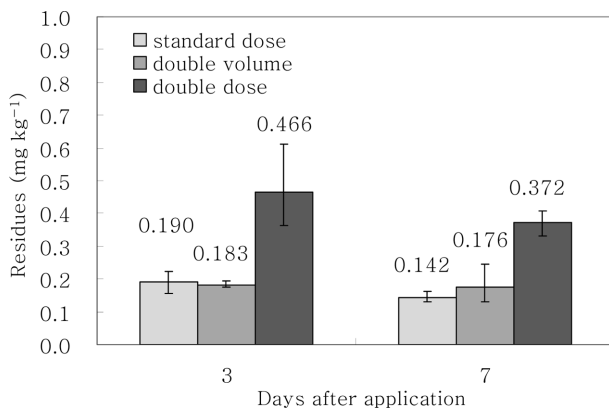


Fig. 4. Impact on chlorpyrifos residue in sweet pepper by different spray concentration and volume.

의 잔류량은 2배 고농도 처리구는 살포 후 3일 0.466, 7일 0.372 mg kg⁻¹으로, 정량농도 처리구는 살포 후 3일 0.190, 7일 0.142 mg kg⁻¹이 검출되었다. 2배 고농도 처리구가 표준량 처리구에 비하여 잔류량이 1.8~2.6배 높아 농약 희석액의 농도를 고농도로 살포하면 잔류과다 검출의 직접적 원인이 될 수 있음을 보여주었다. 이 등(2003)은 노지 복숭아에 chlorpyrifos를 2배 고농도로 살포하면 잔류허용기준을 초과할 가능성이 있다고 보고하였으며, 성장속도가 빠른 시설재배 상추에서도 chlorpyrifos 2배 고농도 살포는 잔류허용기준을 초과할 우려가 있다고 보고되어 있다(김 등, 2002).

살포액의 살포 물량 차이에 따른 착색단고추 중 chlorpyrifos의 잔류량은 표준농도 배량 살포구에서 살포 후 3일 0.183, 7일 0.176 mg kg⁻¹이 검출되어 표준량 살포구와 비슷하게 나타나 농약 살포 물량이 늘어나는 것은 잔류량에 큰 영향을 미치지 못하였다(Fig 4). 약제 살포량과 부착량의 관계는 어느 한계 이하에서는 살포량과 부착량이 비례하나 그 이상에서는 살포량이 증가하여도 부착량은 증가하지 않는다(정 등, 2004).

따라서 chlorpyrifos의 시설재배 풋고추 및 착색단고추 중 잔류성은 하절기보다 동절기에 높고, 농약 살포액의 농도는 높을수록, 살포일 간격은 좁을수록 잔류량이 높아 잔류허용기준을 초과할 우려가 있음을 알 수 있었다. 착색단고추의 chlorpyrifos 과다검출의 원인은 고농도로 살포되었거나 동절기동안 살포일 간격이 짧았기 때문으로 생각된다. 따라서 고추류 작물 재배시 동절기에 농약살포농도 및 살포일 간격을 주의하여야 안전농산물 생산이 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ0025612006)의 지원에 의하여 이루어진 것임.

Literature Cited

Cho, K. S., S. J. Lee, D. Y. Lee, Y. J. Kim, W. J. Choe, J. B. Lee and K. Y. Kang (2011) Preharvest residual characteristics of boscalid and pyraclostrobin in Paprika at different seasons and plant parts. *The Korean Journal of Pesticide Science*. 15:269~277.

Japan Pesticide Residue Analysis Research (1995) *New residue analysis methods for pesticides*. p.146~147.

Jeong Yiung-Ho, Jang-Eok Kim, Jeong-Han Kim, Young-Deuk Lee, Chi-Hwan Lim, Jang-Hyun Hur (2004) *The latest Pesticide Science (Revised)*. Sigma Press. p.94.

Kim, Chan Sub (1998) *Development of multi-residue analysis methods for pesticides in soil*. National Academy of

- Agricultural Science(Crop Protection Division) Research Report. p.883~909.
- 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. Korean Journal of Environmental Agriculture. 21:149~155.
- Korea Crop Protection Association (2012) Pesticide Use Guidelines. p.676, p.680.
- Kwon, H. Y., J. B. Kim, H. D. Lee, Y. B. Ihm, G. S. Kyung, I. H. Park and J. Choi (2004) Estimate of pesticide in tomato varieties using ratio of surface area to weight. The Korean Journal of Pesticide Science. 8:30~37.
- Lee, Y.-J., K.-Y. Ko, D.-J. Won, G.-H. Gil and K.-S. Lee (2003) Residue patterns of procymidone, chlorpyrifos, and cypermethrin in Peaches during cultivation and storage period. Korean Journal of Environmental Agriculture. 22:220~226.
- Lee, M. H., S. Y. Kang, S. Y. Lee, H. S. Lee, J. Y. Choi, G. S. Lee, W. Y. Kim, S. W. Lee, S. G. Kim and K. B. Uhm (2005) Occurrence of the B- and Q-biotypes of *Bemisia tabaci* in Korea. Korean J. Appl. Entomol. 44:169~175.
- Martinez Vidal J. L., F. J. Egea Gonzalez, M. Martinez Galera and M. L. Castro Cano (1998) Diminution of Chlorpyrifos and Chlorpyrifos Oxon in Tomatoes and Green Beans Grown in Greenhouses. J. Agric. Food Chem. 46:1440~1444.
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fishes (2008) 2007 Vegetables production statistics. p.3~35.
- Muhamad S. G. (2010) Kinetic studies of catalytic photodegradation of chlorpyrifos insecticide in various natural waters. Arabian Journal of Chemistry 3:127~133.
- Park, Chang Gyu and 17 other people (1993) The biochemistry & uses of pesticides the 3rd edition. pp.113~143, Shinilbooks Publishing Co. Korea.
- Rural Development Administration (2003) Standard farming handbook-Sweet pepper cultivation.
- Rural Development Administration (2008) Standard farming handbook-Chilli pepper cultivation (revision).
- Rural Development Administration (2010) Safe pesticide application manual for exporting agricultural products pp.23.
- Tomlin C. D. S. (2006) The Prsticide Manual 14th. British Crop Production Council.
- Yeon, I. K., Y. S. Shin, J. E. Lee, J. D. Cheung, Y. H. Ryu and S. Y. Choi (2009) Incidence of *Bemisia tabaci* (Gonnadius) in winter season. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 27:97~98.

고추와 착색단고추 재배 중 사용한 Chlorpyrifos의 잔류특성

손경애* · 권혜영 · 김진배 · 진용덕 · 김택겸 · 김찬섭 · 길근환 · 임건재 · 이기운¹

농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부, ¹경북대학교 농업생명과학대학

요약 시설재배 풋고추 및 착색단고추의 재배과정 중 살포되는 chlorpyrifos의 잔류특성을 밝히고자 재배시기 및 약제살포 방법별 잔류량을 조사, 평가하였다. 고추의 재배시기별 열매 중 chlorpyrifos 잔류는 하절기(6~7월)에 비해 동절기(2~3월)에 1.5~2.7배 높게 검출되었다. 동절기 재배중인 풋고추와 착색단고추에 7일 간격 3회 약제 살포 후 1~10일 동안의 잔류량을 비교하였다. 고추 중 잔류량은 1일차 2.070에서 10일차 0.929 mg kg⁻¹로 감소하였으며, 착색단고추는 1일차 0.302에서 10일차 0.291 mg kg⁻¹으로 감소하여 두 농산물간의 농약잔류량은 6.9~3.2배 차이를 보였다. 착색단고추에 약제를 3일과 7일 간격으로 3회 살포 후 1~10일 동안의 농약잔류량은 각각 0.498~0.291, 0.302~0.267 mg kg⁻¹ 범위였다. 착색단고추에 살포농도를 표준량과 배량으로 처리하였을 때 열매 중 농약의 잔류농도는 배량 처리시 2.5배 정도 높았으며, 살포 물량을 달리 했을 때의 영향은 거의 없었다.

색인어 Chlorpyrifos, 착색단고추, 고추, 농약잔류량