한국농약과학회지 제8권 제1호(2004)
The Korean Journal of Pesticide Science
Vol. 8, No. 1. pp.30~37(2004)

비표면적을 이용한 토마토의 과종별 농약 잔류량 예측

권혜영* · 김진배 · 이희동[1] · 임양빈[1] · 경기성 · 박인희[2] · 최정[3]

농업과학기술원 유해물질과, [1]농업과학기술원 농약평가과, [2]부여토마토시험장, [3]경북대학교 농화학과

요 약 : 우리나라에서 가장 널리 재배되는 토마토 과종인 방울토마토와 완숙토마토를 시설하우스에서 재배하여 두 과종 간에 비표면적을 측정하였으며, 농약의 잔류량을 분석하여 비표면적과 농약 잔류량과의 상관관계를 조사하였다. 완숙된 토마토의 비표면적은 방울토마토가 2.15 $cm^2 g^{-1}$, 완숙토마토가 1.00 $cm^2 g^{-1}$로써 방울토마토의 비표면적이 약 2배 더 컸다. 농약의 물리화학적 성질과 제형이 다른 4종의 농약(타로닐 수화제, 크로로타로닐 액상수화제, 옥사딕실 · 쿠퍼 수화제, 지오판 수화제)을 선발하여 농약 잔류량을 측정한 결과, 방울토마토의 농약 잔류량이 완숙토마토보다 살포일수 및 살포횟수에 관계없이 1.4~2.4배 정도 많이 잔류되었다. 이러한 결과로 토마토 과종간의 비표면적의 비와 농약 잔류량이 상관성이 있는 것으로 확인되었으며, 농약살포 후 최종 수확 때까지 토마토의 비대생장이 없었기 때문에 농약 잔류량은 비표면적이 주된 인자로 작용한 것으로 보인다.(2004년 2월 25일 접수, 2004년 3월 24일 수리)

Key words : pesticide, residue, tomato, mini tomato, ratio of surface area to weight.

서 론

농약의 작물 잔류성에 미치는 요인은 농약의 제형 및 이화학적 특성, 작물의 형태 및 성장속도, 기상 및 토양 환경 등으로 크게 나누어 볼 수 있으며(정등, 2000), 여기서 작물의 형태라 함은 작물체 표면의 굴곡, 융모의 양과 형태, 중량에 대한 표면적 비 등을 들 수 있다. 이러한 작물의 형태는 작물마다 모두 다르므로 농약의 잔류허용기준을 설정하기 위한 잔류시험을 해당 작물을 이용하여 수행하는 것이 원칙이나 각각의 작물에 대하여 농약에 대한 잔류성 시험을 수행하여 잔류허용기준을 설정하는 것은 긴 시간과 막대한 비용이 요구된다. 따라서 EU, EPA, FAO등에서는 작물별로 잔류특성을 고려하여 농약의 잔류성에 대한 작물의 그룹화(grouping)를 시도해 오고 있다(EPA, 2002; FAO, 2002). 배와 사과, 브로콜리와 콜리플라워같이 우수농산물관리제도(good agricultural practice)가 비슷한 유사작물의 경우 한 작물에 대한 충분한 잔류성 자료가 없을 때 다른 한 작물의 잔류성 자료를 인용하여 그 작물의 잔류허용량(maximum residue limit)을 설정할 수 있도록 하고 있다. 또한 어떤 한 작물이 잔류량이 가장 높다고 확인되면 이 잔류성 자료를 다른 유사 작물로 확대하여 이용할 수 있도록 하고 있다. 예를 들면 절임용 오이(gherkin)의 잔류 시험성적을 오이(cucumber)에 적용할 수 있도록 하고 있다(FAO, 2002). 우리나라는 고추(red pepper)에 등록된 농약 중 약해가 없는 것으로 확인된 농약은 단고추(sweet pepper)에 사용할 수 있도록 하고 있다(김, 2000). 이러한 유사 작물간의 잔류량은 작물체 외부의 결, 모양, 성장습성, 성장률 등 다양한 요인에 의해 결정되는데 특히 농약이 살포되어 부착되는 작물체 표면의 면적과 중량은 농약의 잔류량을 결정짓는 주요한 요인이 된다.

우리나라에서 주로 재배되는 토마토는 크게 일반토마토와 방울토마토로 나눌 수 있으며 일반토마토의 대부분은 완숙토마토로 생산되고 있다. 이 두 종은 뿌리, 줄기, 꽃, 과실 등의 기본적인 형태가 비슷하고 생육특성 및 병해충 발생 양상도 거의 유사하며(부여토마토시험장, 2000), 방울토마토와 완숙토마토의 병해충 방체체계는 거의 구별이 없다. 그러나 농약의 잔류성 측면에서 본다면 완숙토마토와 방울토마토는 농약의 잔류량에서 차이가 날 수 있으며, 실제로 방울토마토는 농약의 잔류허용량을 초과하여 부적합 농산물로 제재 받거나 수출시 잔류농약으로 인하여 문

*연락저자

제가 발생하기도 한다(농촌진흥청, 2002).

따라서 본 연구에서는 방울토마토와 완숙토마토를 시설하우스에서 관행적으로 재배하면서 농약을 살포한 후 두 과종간의 중량당 표면적 비인 비표면적의 차이를 조사하고 과종간의 농약의 잔류량 차이를 분석하여 비표면적과 농약 잔류량과의 상관관계를 연구하였다.

재료 및 방법

시험작물

방울토마토는 꼬꼬(*Lycopersicon esculentum* Mill. Var.*cerasiforme*(Dunal)A.Gray)를 완숙토마토는 감복(*Lycopersicon esculentum* Mill.)을 시험작물로 선정하여 충남 부여군 규암면 부여토마토시험장내의 시설하우스에서 두 시험작물을 동일한 조건으로 재배하면서 농약을 살포한 다음 두 과종간의 잔류량을 비교하였다.

시험농약

시험에 사용된 농약은 약제간의 화학적 특성이 상이한 타로닐 수화제(75% chlorothalonil WP), 옥사딕실·쿠퍼수화제(8% oxadixyl WP), 지오판수화제(70% thiophanate-methyl WP)였으며, 농약 제형간의 잔류성 차이를 확인하기 위하여 토마토에 미등록 농약인 크로로타로닐 액상수화제(53% chlorothalonil SC)를 추가하여 사용하였다.

약제살포 및 시료채취

시험약제는 토마토의 수확기에 지하수를 이용하여 표준희석배수로 희석하여 살포하였고 크로로타로닐 액상수화제는 타로닐 수화제와 같은량의 유효성분을 함유하도록 희석하여 살포하였다. 살포기구는 CO_2 압력계가 달려있어 일정한 압력으로 동일한 양을 살포할 수 있는 분무기(알엔디 스프레이코리아社)를 사용하였다. 약제는 2001년 6월 8일과 15일에 살포하였으며 약제 살포 후 약액이 충분히 마른 후에 살포당일, 3일, 5일, 7일차에 시료를 채취하여 잔류농약을 분석하였다.

과종별 비표면적 측정

토마토의 과종별 표면적은 부피와 반지름을 이용하여 산출하였다. 먼저 토마토의 부피(V)는 메스실린더에 토마토가 잠길 정도의 물을 담고 토마토를 메스실린더에 넣어 변화된 물의 부피를 측정하여 구하였다. 토마토가 구의 형태라고 가정을 하고 구의 부피공식($V=4/3\pi r^3$)을 이용하여 반지름을 산출하고 실제로 반지름을 측정하여 앞서 계산한 반지름과 비교하여 구형인지를 확인하고 실제 반지름을 구의 표면적공식($A=4\pi r^2$)에 대입하여 표면적을 구하였다. 그리고 표면적을 중량으로 나누어 비표면적을 계산하였다.

잔류농약분석

Chlorothalonil

토마토 시료 30 g을 유화기 컵에 취하고 식물 효소에 의한 분해를 방지하기 위하여 인산을 가하여 pH를 1~2로 조정하고 30분간 방치한 후 acetone 100 mL를 가하여 유화기로 균질화하고 여지(No. 2)에 celite 545를 깔아둔 Büchner funnel에서 감압여과 하였다. 여과액을 1 L분액여두에 옮기고 물 500 mL와 포화식염수 100 mL를 가한 후 dichloromethane 50 mL로 2회 액액분배하고 유기용매층을 받아 감압농축하여 *n*-hexane 5 mL로 용해하였다. 정제는 130℃에서 4시간이상 활성화된 florisil(60~100 mesh) 5 g을 TEPP stop cock가 달린 직경 12 mm, 길이 400 mm정제용 유리컬럼에 충진한후 그 위에 sodium sulfate를 2 cm 높이로 충진하고 *n*-hexane 50 mL로 세척하였다.

여기에 위의 용해액 2 mL를 가하고 hexane-dichloromethane(8:2, v/v) 혼합용액 50 mL로 씻어 버리고 hexane-dichloromethane-acetonitrile(48.5:50:1.5, v/v/v) 혼합용액 50 mL로 분석대상 화합물을 용출시켜 용출액을 감압농축 후 *n*-hexane 5 mL로 정용하여 GC/ECD로 정량하였다. 본 실험에 사용된 각 농약의 기기분석 조건은 표 1과 같다.

Oxadixyl

토마토 시료 30 g을 유화기 컵에 취하여 acetone 100 mL를 가하여 유화기로 균질화하고 여지(No. 2)에 celite 545를 깔아둔 Büchner funnel에 감압여과 하였다. 여과액을 1 L분액여두에 옮기고 5% NaCl 수용액 300 mL를 가하고 dichloromethane 50 mL로 2회 액액분배하여 유기용매층을 받아 감압농축하여 acetone-hexane (2:8, v/v) 5 mL로 용해하였다. 정제는 130℃에서 4시간이상 활성화 시킨 florisil(60~100 mesh) 5 g을 TEPP

Table 1. Operating conditions of instruments for the analysis of pesticides

Chlorothlaonil

Instrument : HP 6890 series Gas Chromatograph, Hewlett packard, USA
Detector : Electron Capture Detector(ECD)
Column : HP-1 (30 cm L. × 0.32 mm i.d., 0.25 μm film thickness)
Temperature : Oven 100℃(1 min) 7℃/min 220℃(1 min) 20℃/min 270℃(1 min)
Injector 250℃, Detector 300℃
Flow rate : Carrier(N_2) 2 mL/min
Injection volume : 1 μL
Retention time : 14.2 min

Oxadixyl

Instrument : HP 6890 series Gas Chromatograph, Hewlett packard, USA
Detector : Nitrogen Phosphorus Detector(NPD)
Column : HP-1 (30 cm L. × 0.25 mm i.d., 0.25 μm film thickness)
Temperature : Oven 100℃(1 min) 10℃/min 250℃(1 min) 20℃/min 270℃(1 min)
Injector 250℃, Detector 280℃
Flow rate: Carrier(N_2) 1.5 mL/min, H_2 3.5 mL/min, Air 60 mL/min
Injection volume : 1 μL
Retention time : 13.9 min

Thiophanate-methyl

Instrument : High performance liquid chromatopraph, HP-1100 series, Hewlett packard, USA
Detector : Variable Wavelength Detector(VWD)
Column : Supelcosil LC-18 (25 cm L. × 4.6 mm i.d., 5 μm particle size)
Mobile phase : Ion pairing solution[a]: Methanol: Acetonitrile 5%(50:45:5, v/v/v)
Wave length : 282 nm
Flow rate : 0.85 mL/min
Injection volume : 5 μL
Retention time : Thiophnate-methyl 10.9 min, Carbendazim 8.7 min

[a]The solution contains 1 g of 1-decanesulfonic acid Na salt, 7 mL of phosphoric acid and 10 mL of triethylamine in 1L of deionized water.

stop cock가 달린 직경 12 mm, 길이 400 mm 정제용 유리컬럼에 충진한 후 그 위에 sodium sulfate를 2 cm 높이로 충진하고 *n*-hexane 50 mL로 세척하였다. 여기에 위의 용해액 2 mL를 가하고 acetone-hexane(3:7, v/v) 25 mL로 씻어 버리고 acetone-hexane(5:5, v/v) 50 mL를 가하여 받아 감압농축 후 acetone 5 mL로 정용하여 GC/NPD로 분석하였다.

Thiophanate-methyl

Thiophanate-methyl은 마쇄 균질화한 식물체 중에서 불안정하여 carbendazim으로 전환되는 경로중에 분해 소실되므로 이를 방지하기 위하여 시료를 마쇄하기에 앞서 시료중량의 4%의 L-ascorbic acid를 첨가하였다. 이 토마토시료 30 g을 유화기컵에 취해 100 mL methanol을 가하여 유화기로 균질화한 후 여지(No. 2)에 celite 545를 깔아둔 Büchner funnel에 감압여과 하였다. 1 L분액여두에 여과액을 옮기고 1% NaCl 수용액 250 mL를 첨가하고 thiophanate-methyl은 알칼리성의 물에 녹고 carbendazim은 산성 및 알칼리성의 물에 녹으나 중성에서는 유기용매에 추출되는 성질을 이용하여 분배하였다. 먼저 1N HCl용액으로 pH 4~5로 맞춘후 dichloromethane 50 mL로 2회 액액분배하여 유기용매층을 받아 thiophanate-methyl을 추출하고 남은 수용액에 1N NaOH용액을 첨가하여 pH 7~8로 맞춘후 dichloromethane 50 mL로 2회 액액분배하여 유기용매층을 받아 carbendazim을 추출하였다. 두 유기용매층을 합하여 수욕상에서 농축하여 methanol 5 mL로 녹인후 HPLC/UVD로 분석하였다. 검출된 carbendazim은

thiophanate-methyl의 값으로 환산하여 측정된 thiophanate-methyl의 양과 합하였다.

회수율 시험

잔류분석법의 효율을 검증하기 위하여 각 농약성분의 검출한계수준을 고려하여 토마토 시료에 각 용매에 녹인 표준품을 두 수준의 농도로 첨가하여 잘 혼합하고 1시간 이상 방치한 후 상기 각 분석방법별로 추출하고 분석하여 회수율을 산출하였다.

결과 및 고찰

회수율 및 검출한계

회수율은 무처리 시료 30 g에 chlorothalonil의 경우 0.1, 1 mg kg^{-1}, oxadixyl은 1, 5 mg kg^{-1}, thiophanate-methyl은 2, 10 mg kg^{-1}, thiophanate-methyl의 변환체인 carbendazim은 1, 5 mg kg^{-1} 이 되도록 표준용액을 처리 한 후 분석하였다. Chlorothalonil의 회수율은 각각의 농도에서 84, 108%였고 검출한계는 0.0004 mg kg^{-1} 이었으며, oxadixyl은 각각 86, 104%의 회수율과 0.02 mg kg^{-1}의 검출한계를 보였다. Thiophanate-methyl의 회수율은 75, 91%였으며 검출한계는 0.007 mg kg^{-1} 이었고 carbendazim은 각각 88, 108%의 회수율과 0.003 mg kg^{-1} 의 검출한계를 보였다.

과종별 비표면적

방울토마토와 완숙토마토의 표면적을 구하기 위해 두 과종들의 형태가 구(球)임을 입증하는 과정이 필요하였다. 먼저 부피를 이용해서 계산한 반지름과 실제로 측정한 반지름 사이의 회귀를 구해본 결과 결정계수가 0.999로써 크고(그림 1) 회귀에 대한 유의성 검정결과 회귀계수가 고도로 유의했으며, 또한 T검정결과 계산한 반지름이 실제로 측정한 반지름과 평균간 차이가 없어 토마토들의 형태를 구로 인정하고 시험을 수행하였다. 따라서 구의 표면적 공식을 이용하여 표면적을 계산하고 토마토의 중량에 대한 표면적인 비표면적을 계산하였다(표 2).

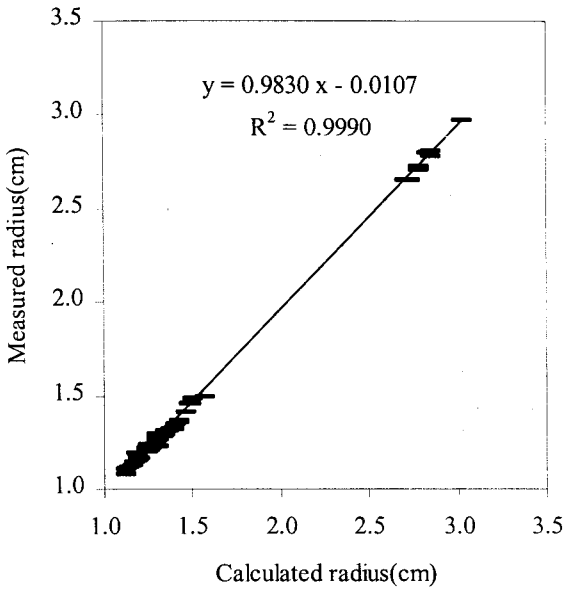

Fig. 1. Correlation between calculated and measured radius of tomatoes.

중량은 완숙토마토가 방울토마토보다 10배 무거웠으며, 표면적은 완숙토마토가 방울토마토의 4.7배였으며 비표면적은 방울토마토가 2.15, 완숙토마토가 1.00의 값을 나타내어 방울토마토가 약 2배 더 컸다. 본시험에 사용된 토마토는 재배시기가 6월로 토마토가 가장 많이 출하되는 시기인 4~5월 수확 토마토보다 중량과 부피가 다소 작았다(부여토마토시험장, 2000). 따라서 시중에서 상등급 제품으로 주로 유통되는 토마토에 대해서 비표면적을 계산한 결과 방울토마토의 비표면적이 1.96~1.78 $cm^2 g^{-1}$, 완숙토마토의 비표면적이 0.87~0.83 $cm^2 g^{-1}$로써 본 실험에 사용된 토마토보다 비표면적이 약간 작았으나 방울토마토와 완숙토마토의 비표면적 비는 2.25~2.14로써 본시험과 유사하였다.

Table 2. Ratio of surface area to weight of two different varieties ripened

Variety	Volume (cm^3)	Measured radius (cm)	Calculated radius[a](cm)	Weight(A) (g)	Surface area[b](B) (cm^2)	B/A ($cm^2 g^{-1}$)
Mini tomato	9.4	1.27	1.30	9.6	20.3±3.1	**2.15**±0.19
Tomato	94.4	2.77	2.82	95.8	96.2±9.7	**1.00**±0.04

[a]Radius is calculated by the volume equation of sphere($V=4/3\pi r^3$).
[b]Surface area is calculated by equation of sphere : $A=4\pi r^2$.

Table 3. Chlorothalonil residue in tomatoes by elapsed time after application

Formulation type	Spray frequency	Variety	Concentration at the given days after spray(mg kg^{-1})			
			0	3	5	7
WP	1	Mini tomato(A)	8.3	8.5	7.5	5.3
		Tomato(B)	4.5	4.3	4.8	3.9
		A/B	**1.9**	**2.0**	**1.6**	**1.4**
	2	Mini tomato(A)	13.3	13.3	14.0	12.3
		Tomato(B)	6.9	5.6	6.7	5.9
		A/B	**1.9**	**2.4**	**2.1**	**2.1**
SC	1	Mini tomato(A)	18.0	11.8	12.7	11.5
		Tomato(B)	8.5	6.1	7.4	5.3
		A/B	**2.1**	**1.9**	**1.7**	**2.2**
	2	Mini tomato(A)	35.2	26.4	25.7	23.1
		Tomato(B)	14.8	12.6	14.0	10.3
		A/B	**2.4**	**2.1**	**1.8**	**2.2**
SC/WP		**Mini tomato**	**2.4**	**1.7**	**1.8**	**2.0**
		Tomato	**2.0**	**1.8**	**1.8**	**1.3**

Table 4. Oxadixyl residue in tomatoes by elapsed time after application

Spray frequency	Variety	Concentration at the given days after spray(mg kg^{-1})			
		0	3	5	7
1	Mini tomato(A)	1.75	1.28	1.01	0.81
	Tomato(B)	0.94	0.76	0.68	0.40
	A/B	**1.9**	**1.7**	**1.5**	**2.0**
2	Mini tomato(A)	2.50	2.23	2.05	2.03
	Tomato(B)	1.25	1.04	0.91	0.91
	A/B	**2.0**	**2.2**	**2.3**	**2.2**

과종별 농약의 잔류성

방울토마토와 완숙토마토에서 시험농약의 경시적 잔류량을 조사한 결과는 표 3~5에 나타내었다.

약제별로 과종간의 잔류량을 살펴보면 타로닐 수화제 1회 살포시 약제살포 당일 chlorothalonil의 잔류량은 방울토마토 8.3 mg kg^{-1}, 완숙토마토 4.5 mg kg^{-1}이었다. 약제살포 당일부터 7일차 수확까지 농약 잔류량은 완숙토마토보다 방울토마토에 1.4~2.0배 더 많았다. 농약을 2회 살포한 처리구는 1회 살포한 처리구에 비해 약 2배 잔류량이 많았으며, 약제살포 당일의 잔류량은 방울토마토 13.3 mg kg^{-1}, 완숙토마토 6.9 mg kg^{-1}이었다. 약제살포 당일부터 7일차 수확까지 잔류량은 완숙토마토보다 방울토마토에 1.9~2.4배 더 많았다.

크로로타로닐 액상수화제 1회 살포시 약제살포 당일 chlorothalonil의 잔류량은 방울토마토 18.0 mg kg^{-1}, 완숙토마토 8.5 mg kg^{-1}이었고, 약제살포 당일부터 7일차 수확까지 잔류량은 완숙토마토보다 방울토마토에 1.7~2.2배 더 많았다. 2회 살포시는 수화제와 같이 잔류량이 약 2배 많았는데, 약제살포 당일 잔류량이 방울토마토 35.2 mg kg^{-1}, 완숙토마토 14.8 mg kg^{-1}이었고 과종간에는 1.8~2.4배로 방울토마토에 잔류량이 더 많았다.

제형간의 잔류양상을 살펴보면 액상수화제 살포시의 잔류량이 수화제 살포시 보다 방울토마토에서는 1.7~2.4배, 완숙토마토에서는 1.3~2.0배 정도 더 많이 잔류되었으며, 이러한 결과는 액상수화제가 유제나 수화제보다 잔류가 많이 된다는 보고(Hill과 Inaba,

Table 5. Thiophanate-methyl residue in tomatoes by elapsed time after application

Spray frequency	Variety	Concentration at the given days after spray(mg kg^{-1})			
		0	3	5	7
1	Mini tomato(A)	3.46	2.68	3.36	1.91
	Tomato(B)	1.98	1.94	1.68	1.18
	A/B	**1.7**	**1.4**	**2.0**	**1.6**
2	Mini tomato(A)	5.99	5.84	6.41	4.83
	Tomato(B)	3.20	2.89	2.96	2.60
	A/B	**1.9**	**2.0**	**2.2**	**1.6**

Table 6. Comparison of analyzed pesticide residues and calculated residues by multiplication of factor on surface area/weight ratio

Pesticide	Spray frequency	Method	Concentration at the given days after spray(mg kg^{-1})			
			0	3	5	7
Chlorotathalonil WP	1	Calculated	9.59	9.29	10.22	8.34
		Analyzed	8.27	8.45	7.53	5.27
		***F*-property**	*[a)]	ns[b)]	*	*
	2	Calculated	14.93	12.02	14.50	12.77
		Analyzed	13.30	13.33	14.05	12.35
		***F*-property**	ns	ns	ns	ns
Chlorotathalonil SC	1	Calculated	18.32	13.12	15.96	11.31
		Analyzed	17.97	11.77	12.70	11.53
		***F*-property**	ns	ns	ns	ns
	2	Calculated	31.73	27.03	30.00	22.09
		Analyzed	35.18	26.36	25.68	23.12
		***F*-property**	ns	ns	ns	ns
Oxadixyl WP	1	Calculated	2.02	1.64	1.47	0.86
		Analyzed	1.75	1.28	1.01	0.81
		***F*-property**	ns	ns	ns	ns
	2	Calculated	2.69	2.23	1.95	1.97
		Analyzed	2.50	2.23	2.05	2.03
		***F*-property**	ns	ns	ns	ns
Thiophanate-methyl WP	1	Calculated	4.26	4.18	3.61	2.53
		Analyzed	3.46	2.68	3.36	1.91
		***F*-property**	*	**[c)]	ns	*
	2	Calculated	6.88	6.22	6.36	5.58
		Analyzed	5.99	5.84	6.41	4.83
		***F*-property**	*	ns	ns	ns

[a)]significant of 5 percent level, [b)]no significant, [c)]significant of 1 percent level.

1990;김, 1997)와 일치하였다. 또한 이는 액상수화제는 농약입자의 평균크기가 1~3 μm로 미세하여 단위 무게당 입자수가 많고 표면에서 고착성이 뛰어나기 때문에 작물체에 농약이 많이 잔류한다(정 등, 2000)는 것을 뒷받침하고 있다.

옥사딕실 · 쿠퍼수화제 1회 살포시 약제살포 당일 oxadixyl의 잔류량은 방울토마토 1.75 mg kg^{-1}, 완숙토마토 0.94 mg kg^{-1}로 방울토마토가 약 1.9배 정도 잔류가 많이 되었으며, 약제살포 당일부터 7일차까지도 방울토마토가 완숙토마토보다 1.5~2.0배 잔류량이 더 많았다. 2회 살포시는 1회 살포시보다 잔류량이 많았는데, 약제살포 당일 잔류량은 방울토마토 2.5 mg kg^{-1}, 완숙토마토 1.25 mg kg^{-1}으로 방울토마토가 2배 많이 잔류되었으며, 약제살포 당일부터 7일차까지도 방울토마토가 2.0~2.3배 더 많이 잔류하였다.

지오판수화제 1회 살포시 약제살포 당일 thiophanate-methyl의 잔류량은 방울토마토 3.46 mg kg^{-1}, 완숙토마토 1.98 mg kg^{-1}이었으며, 위 세 약제와 동일하게 지오판수화제 잔류양상도 방울토마토가 약 1.8배 정도 더 많이 잔류하였다. 약제살포 당일부터 7일차 수확까지 방울토마토의 잔류량이 1.4~2.0배 정도 더 많았다. 2회 살포시는 약제살포 당일 잔류량이 방울토마토 5.99 mg kg^{-1}, 완숙토마토 3.2 mg kg^{-1}이었고, 방울토마토가 완숙토마토보다 1.6~2.2배로 잔류량이 더 많았다.

약제살포 시점부터 최종 수확일까지 토마토의 비대생장이 거의 없었고 시험약제들이 광 및 열에 비교적 안정한 약제들이어서 분해되는 속도가 느렸기 때문에 약제살포 후 시간의 경과에 따른 잔류량의 감소는 크지 않았다. 또한 농약의 과종간 잔류량비는 약제종류나 제형 또는 경과일수에 따른 일정한 경향이 없었다. 잔류량은 완숙토마토보다 방울토마토에 1회 살포시 평균 1.8배, 2회 살포시 평균 2.1배로 더 많았다. 그리고 이러한 과종간의 잔류량 비율은 앞서 계산한 비표면적의 과종간의 비율인 2.15와 유사하였다.

따라서 실제 수확하여 분석한 방울토마토에서의 잔류량과 방울토마토와 완숙토마토의 비표면적 비인 2.15를 완숙토마토에서의 잔류량에 곱하여 계산한 방울토마토에서의 잔류량을 비교하고 유의성을 검정하였다(표 6).

총 32개 성적을 비교한 결과 1%수준에서 유의차가 있는 것이 1개, 5%수준에서 유의차가 있는 것이 6개였고 나머지는 유의차가 없었다. 전반적으로 비표면적 비를 이용한 잔류량 계산치와 실측한 잔류량이 이와같이 차이가 없기 때문에 잔류량을 예측하는 수단으로 비표면적이 비대생장이 없는 상황에서는 잔류량을 결정지을 수 있고 또 비대생장이 있는 상황에서도 잔류량을 예측하는 중요한 수단으로 생각되었다.

현재 우리나라에서 토마토의 안전사용기준설정을 위한 잔류시험이 방울토마토를 기준으로 수행되고 있는데, 우리나라의 현실적인 여건이 두 과종의 구분이 없이 토마토의 안전사용기준을 설정 해야한다면 방울토마토를 가지고 잔류시험을 수행하는 것이 농산물의 안전성 측면에서 타당한 것으로 판단되었다.

본 연구의 결과는 유사작물에 대한 농약의 안전사용기준설정을 위한 잔류시험에 있어서 유사작물간의 비표면적을 계산하여 비표면적이 큰 작물체를 대상으로 시험을 수행할 수 있는 기초 자료로 활용 할 수 있을 것이다. 또한 이러한 일련의 연구는 유사작물들의 잔류량을 예측하는 기본 자료가 될 수 있고 나아가서는 농약의 잔류성에 대한 작물 그룹화의 기초자료가 될 수 있으므로 지속적인 연구가 필요한 것으로 생각된다.

인용문헌

EPA (2002) The Code of Federal Regulations. pp.321~331.

FAO (2002) Manual on the submission and evaluation of pesticide residue data. pp.58~85.

Hill, D. B. and D. J. Inaba (1990) Rate and persistence of residues on wheat used to explain efficacy differences between SC and EC formulations. Pesticide Science 29:57~66.

김진배 (1997) 작물체 부착성 및 잔류성에 미치는 희석살포제 농약 제형의 영향. 전북대학교 석사학위논문.

김진배 (2000) 수출용 착색단고추의 농약안전사용기준설정. 농업과학기술원 시험연구보고서. pp.423~430.

농촌진흥청 (2002) 농약안전사용교육교재. pp.50~51.

부여토마토시험장 (2000) 품질향상과 생산비절감을 위한 토마토 재배기술. pp.13~14.

정영호, 김장억, 김정한, 이영득, 임치환, 허장현 (2000) 최신 농약학. pp.272~276, 시그마프레스.

Estimate of pesticide residues in tomato varieties using ratio of surface area to weight

Hyeyoung Kwon*, Jinbae Kim, Heedong Lee[1], Yang-Bin Ihm[1], Kee Sung Kyung, In-hee Park[2] and Jung Choi[3](*Hazardous Substances Division, NIAST, RDA, Suwon 441-707, Korea,* [1]*Pesticide Safety Division, NIAST, RDA, Suwon 441-707,* [2]*Buyeo Tomato Experiment Station, Chungnam-do A.R.E.S., Buyeo 323-814 and* [3]*Department of Agricultural Chemistry, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea*)

Abstract : This study estimated the correlation between surface area/weight ratios and pesticide residues in two varieties of tomato, mini tomato and tomato. The ratios of surface area/weight of mini tomato and tomato were 2.15 $cm^2 g^{-1}$ and 1.00 $cm^2 g^{-1}$, respectively. Pesticide residues were measured with four kinds of pesticide, chlorothalonil WP, chlorothalonil SC, oxadixyl WP, thiophanate-methyl WP. The residue amount of mini tomato was 1.4~2.4 times higher than those in tomato regardless of the application date and frequency. The ratios of surface area/weight on tomato varieties played a key role for determining pesticide residue.

*Corresponding author (Fax : +82-31-290-0506, E-mail : kwonhy@rda.go.kr)