

## 시설재배에서의 상추품종별 살포농약의 소실양상

이희동\* · 임양빈 · 권혜영<sup>1</sup>, 김진배<sup>1</sup> · 경기성<sup>2</sup> · 김찬섭 · 오병렬 · 임건재 · 김장역<sup>3</sup>

농업과학기술원 농약평가과, <sup>1</sup>농업과학기술원 유해물질과, <sup>2</sup>충북대학교 농화학과, <sup>3</sup>경북대학교 농화학과

**요약** : 본 연구는 시설재배에서 상추품종별 살포농약의 잔류양상을 구명하기 위하여 실시하였다. 농약살포 직후의 alpha-cypermethrin과 imidacloprid의 상추 중 잔류량은 품종의 외관에 따라 크게 상이하였다. 살포 후 경과일수별 상추 중 잔류농약의 감소는 작물의 증체에 의한 희석효과보다는 햇빛에 의한 분해 및 관수에 의한 세척효과가 더 큰 것으로 보였다. 엽채소류인 상추는 작물을 group화 함에 있어 품종간의 차이로 고려해야 함이 인정되었다.

(2005년 11월 15일 접수, 2005년 12월 20일 수리)

**Key words** : 농약잔류양상, 상추, 소실양상, 시설재배.

### 서 론

농약은 농산물의 품질향상과 노동력 절감을 위해 없어서는 안 될 중요한 농자재의 하나로 사용하고 있다. 그러나 농약은 생물을 죽이는 화합물로서 정도의 차이는 있으나, 독성이 있는 물질이므로 오·남용할 경우에는 생활 및 자연환경을 오염시켜서 부작용을 초래함은 물론 우리의 먹거리인 농산물에도 과다하게 잔류하여 국민의 건강을 저해할 수 있다. 따라서 수확기 농산물 중에 농약의 잔류량이 잔류허용기준을 초과하지 않도록 하기 위하여 농약의 안전사용기준을 설정하여 작물별로 농약의 살포회수와 수확 전 최종 살포일수를 제한함으로써 안전 농산물 생산 및 생산된 농산물의 안전성을 확보하고 있다. 농작물에 살포된 농약의 잔류성은 작물체 표면에 부착된 농약의 양에 의하여 좌우되는데, 농약의 작물체 표면부착성은 농약의 이화학적 특성과 제형, 작물의 비표면적이나 표면의 형태적 차이 등에 영향을 받는다(市原勝, 1989).

또한, 부착된 농약은 자외선에 의한 분해, 강우나 휘산에 의한 소실 또는 작물체의 증체에 의한 잔류농약의 희석 등으로 감소되며, 작물체에 침투, 흡수이행된 농약은 작물체내 대사작용으로 분해되기도 한다. 농작물의 종류는 갈수록 다양화 하는 추세에 있고, 농작물의 종류별로 살포된 농약의 잔류안전성을 연구한다는 것은 많은 시간과 경비가 수반된다. 따라서 EU, EPA, FAO 등 에서도 작물별로 잔류특성을 고려

하여 농약의 잔류성 시험을 위한 작물의 그룹화를 시도하고 있다(FAO, 2002). 그러나 국내에서는 유사한 작물의 잔류성을 평가하여 작물의 그룹화 연구는 아직 이루어지고 있지 않는 실정이다. 본 연구는 작물 생리학적으로 생육양상이 유사한 작물들에 대하여 농약의 잔류특성을 구명하고, 작물잔류성에 미치는 요인을 분석하여 작물의 그룹화를 위한 기초자료를 얻고자 수행하였다.

### 재료 및 방법

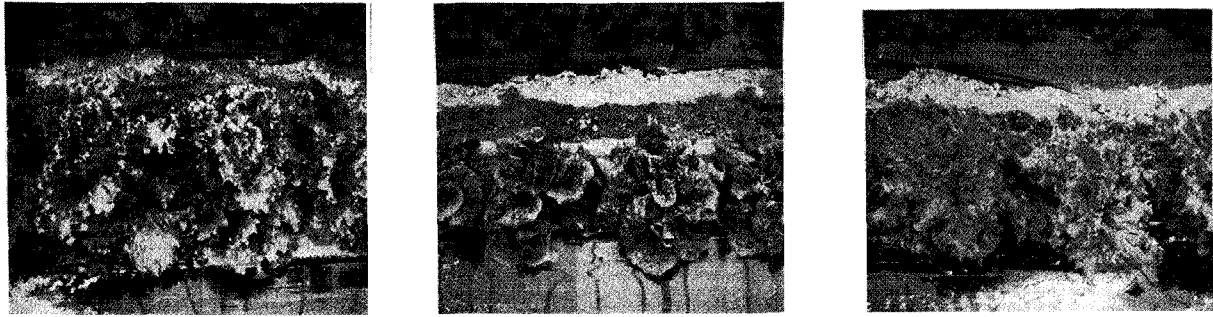
#### 시험작물

시험에 사용된 상추는 결구상추(양상추)와 잎상추이었다. 잎상추는 잎의 주름형태가 서로 다른 치마 잎상추와 측면 잎상추 2종에 대하여 시험하였다. 본 시험에 사용된 상추의 품종은 농가에서 많이 재배되고 있는 품종으로서 결구상추는 유레이크, 치마 잎상추는 여름 청치마, 측면 잎상추는 뚝섬 적측면 이었다(그림 1).

#### 시험농약

시험에 사용된 농약은 약제간의 화학적 특성이 상이한 2종류의 농약을 선정하였다. 농약은 모두 상추에 등록되어 있는 비침투성인 alpha-cypermethrin 2% EC와 침투성인 imidacloprid 10% WP를 사용하였다(농약사용지침서, 2005). 표준품은 농약제조기업(한국삼공, 동부한농화학)으로부터 분양받아 사용하였고 순도는 95% 이상이였다.

\*연락저자



<Crisphead Lettuce>

<Chima Lettuce>

<Chuckmeon Lettuce>

Fig. 1. Varieties and shapes of lettuce tested

약제살포 및 시료채취

2003년 7월 18일에 강원도 평창의 고령지농업연구소 포장에서 imidacloprid 10% WP는 2,000배로, alpha-cypermethrin 2% EC는 1,000배로 희석하여 혼용한 후 모터가 달린 배부식 분무기로 1회씩 살포하였다. 약제살포 후 2시간, 3, 5, 7, 10 및 14일에 품종별로 시료를 채취하였다. 채취한 시료의 겉 표면의 이물질을 제거한 후 food processor에 넣어 균질화 하였다. 결국 상추는 10포기, 잎상추는 15포기씩 채취하여 증체량을 조사하고 난 후 잔류농약을 정량하는데 사용하였다.

잔류농약분석 및 회수율 시험

농약잔류량 분석은 시험연구사업보고서(농업과학기술원, 1998) 및 일본의 농약 잔류분석법(최신농약의 잔류분석법, 1995)을 참고하였다. 시험약제의 표준품을 용해도에 따라 acetone 및 acetonitrile에 용해하여 stock solution을 조제하고, 이들 용액을 희석하여 회수율 시험 및 분석에 사용하였다. Alpha-cypermethrin은 GLC로, imidacloprid는 HPLC로 분석하였다. 균질화 된 시료 20 g을 500 mL 툴 비이커에 취하고, 여기에 acetone 100 mL를 넣고 homogenizer로 12,000 rpm에서 2분간 균질화 및 추출하고 Büchner funnel에 No.2 여지를 깔고 그 위에 hyflosupercel을 넣고 추출물을 감

압여과하였다. 여과액을 1,000 mL 분액여두에 옮기고 증류수 450 mL와 포화식염수 50 mL를 넣고 dichloromethane 50 mL를 가한 다음 250 rpm 진탕기에서 5분간 진탕하여 분배한 후 무수 sodium sulfate층을 통과시켜 용매층을 수기에 받았으며 이 조작을 2회 반복하여 수기에 합하였다. 35℃ 수욕상에서 감압농축 하여 여액의 용매를 유거하고 n-hexane 5 mL로 건조물을 용해하여 정제용 시료로 사용하였다. 정제는 130℃에서 4시간 이상 활성화된 florisil (60~100 mesh) 5 g을 TEPP stop cock가 달린 직경 12 mm, 길이 400 mm 정제용 유리 컬럼에 충전 한 후 그 위에 무수 sodium sulfate를 약 2 cm 높이로 충전하고 n-hexane 50 mL로 유리컬럼을 세정하였다. 여기에 위의 용해액 2 mL를 가하고 hexane/ dichloromethane (8/2, v/v) 50 mL를 흘려버리고, alpha-cypermethrin은 hexane/dichloromethane/acetonitrile (49.65/50/0.35, v/v/v), imidacloprid는 dichloromethane/acetonitrile (50/50,v/v) 혼합용액 50 mL를 가하여 용출시켜 각 용출액을 받아 이를 다시 감압농축 후 alpha-cypermethrin 분석용 시료는 acetone 2 mL에 녹여 GC/ECD로 정량하였다.

Imidacloprid 분석용 시료는 methanol 2 mL에 녹인 후 0.45 µm syringe filter로 여과한 후 HPLC/UVD로 정량하였다. 분석조건은 표 1에서와 같다.

Table 1. Analytical parameters for pesticide residue analysis

	Alpha-cypermethrin		Imidacloprid
Instrument	GC HP6890N with ECD	Instrument	HP-1100
Column	HP-1, Cap. 30 m × 0.32 mm × 0.25µm	Detector	VWD
Carrier gas	Nitrogen 2.0mL/min	Column	Supelcosil LC18 (25 cm L × 4.6mm i.d., 5µm)
Temperature (°C)	100(1min) → 270 (10min) 10°C/min	Mobile phase	Water : Acetonitrile (70 : 30, v/v)
Injection mode	Injector 260 Detector 300 Splitless	Wave length	270 nm
		Flow rate	1.0 mL/min

Table 2. Recoveries, limits of quantification and limits of detection of adopted analytical method

Pesticides	Limit of quantification (ng)	Limit of detection (ppm)	Mean recovery (%)
Alpha-cypermethrin	0.04	0.01	90.8
Imidacloprid	0.2	0.01	92.7

Table 3. Biomass increases of lettuce in different varieties after pesticide spraying

Crop	Mean weight of lettuce head after given days of spraying (g/head)						
	0.08	3	5	7	10	14	
Crisphead lettuce	474	681	725	781	811	1,183	
Leafy lettuce	Chima	147	197	278	344	375	504
	Chuckmeon	149	202	304	319	393	449

회수율 시험은 용매에 녹인 표준품을 각각의 무처리 시료 20 g에 alpha-cypermethrin 및 Imidacloprid가 0.1과 0.2 mg/kg 되도록 첨가, 혼합하고 30분 이상 실온에 방치한 후 상기 약제별 분석법과 동일한 과정을 거쳐 회수율을 구하여 잔류분석법의 적합성을 검증하였다. 시료 중 잔류농약의 농도는 크로마토그램 상에 나타난 peak의 높이를 측정하고 검량선 으로부터 시료 중 잔류농도를 산출하였다.

## 결과 및 고찰

### 회수율 및 검출한계

잔류분석법의 적합성을 검증하기 위하여 회수율과 검출한계를 조사한 결과는 표 2와 같다. 회수율은 평균 90.8~92.7% 이었고, 검출한계는 0.01 mg/kg으로 품종 간 농약의 잔류양상을 비교·평가하는데 충분하였다.

### 품종별 수확물의 증체량

약제살포 후 2시간 경과한 후 상추의 지상부를 채취하였을 때 상추 한 포기당 무게는 결구상추는 평균 474 g, 치마 잎상추는 147 g, 축면 잎상추는 149 g 이었고 약제살포 14일후에 결구상추는 1,183 g으로 2.5배, 치마 잎상추는 504 g으로 3.4배, 축면 잎상추는 449 g으로 3.0배가 각각 증가하였다(표 3). 품종별 증체량은 치마 잎상추 > 축면 잎상추 > 결구상추의 순으로 많았다.

### 품종별 농약의 잔류성

수확 14일전에 상추 지상부에 1회 약제를 살포하고 난 후 2시간, 3, 5, 7, 10 및 14일 등 6회에 걸쳐 시료를 채취하여 농약의 잔류량을 조사 한 결과는 그림 2와 같다.

살포 2시간 후의 침투성인 imidacloprid의 부착량은 축면 잎상추에서 1.97 mg/kg, 치마 잎상추에서 1.72 mg/kg, 결구상추에서 0.89 mg/kg으로 축면 잎상추가 가장 많이 부착되었다. 비침투성인 alpha-cypermethrin의 부착량은 축면 잎상추에서 1.46 mg/kg, 치마 잎상추에서 1.20 mg/kg, 결구상추에서 0.68 mg/kg으로서 imidacloprid 보다 잔류량이 다소 낮았다. 약제의 종류에 관계없이 축면 잎상추에서 농약살포 직후의 부착량이 가장 많아진 것은 그림 1에서와 같이 축면 잎상추의 잎은 수평으로 주름이 저 있어 주름이 수직으로 저 있는 치마 잎상추보다 상대적으로 농약 살포액이 더 많이 묻어서 부착량이 많아진 것으로 보인다. 결구상추는 잎상추 잔류량의 45~46% 정도 밖에 부착하지 않았는데, 살포농약이 결구된 상추의 내부에는 부착되지 않음으로서 잔류량이 낮았던 것으로 생각된다. 농약살포 직후의 부착량을 14일 후의 작물체의 증체량으로 나누어 계산한 잔류량과 실제 분석한 잔류량을 비교·분석한 결과, 침투성인 imidacloprid의 계산에 의한 잔류량은 결구상추에서 0.36 mg/kg, 치마 잎상추에서 0.51 mg/kg, 축면 잎상추에서 0.66 mg/kg 이나, 실제 잔류량은 각각 0.004 mg/kg, 0.035 mg/kg 및 0.025 mg/kg으로 매우 낮았다. 비침투성인 alpha-cypermethrin의 경우에도 살포 14일 후의 계산에 의한 잔류량은 결구상추에서 0.27 mg/kg, 치마 잎상추에서 0.35 mg/kg, 축면 잎상추 0.49 mg/kg 이나, 실제 잔류량은 0.098 mg/kg, 0.098 mg/kg 및 0.116 mg/kg으로 자외선이나 수분 등에 의해서 잔류농약이 분해되어 소실된 양이 많았던 것으로 생각된다. 또한, 침투성인 imidacloprid가 비침투성인 alpha-cypermethrin 보다 잔류농약의 양이 훨씬 적었는데, 이는 살포된 농약이 상추의 지상부인 잎으로 침투되어 상추 지하부인 뿌리로 흡수이행 되었기 때문인 것으로 추측되었으나, 이에 대한 정확한 원인을 규명하기 위해서 더

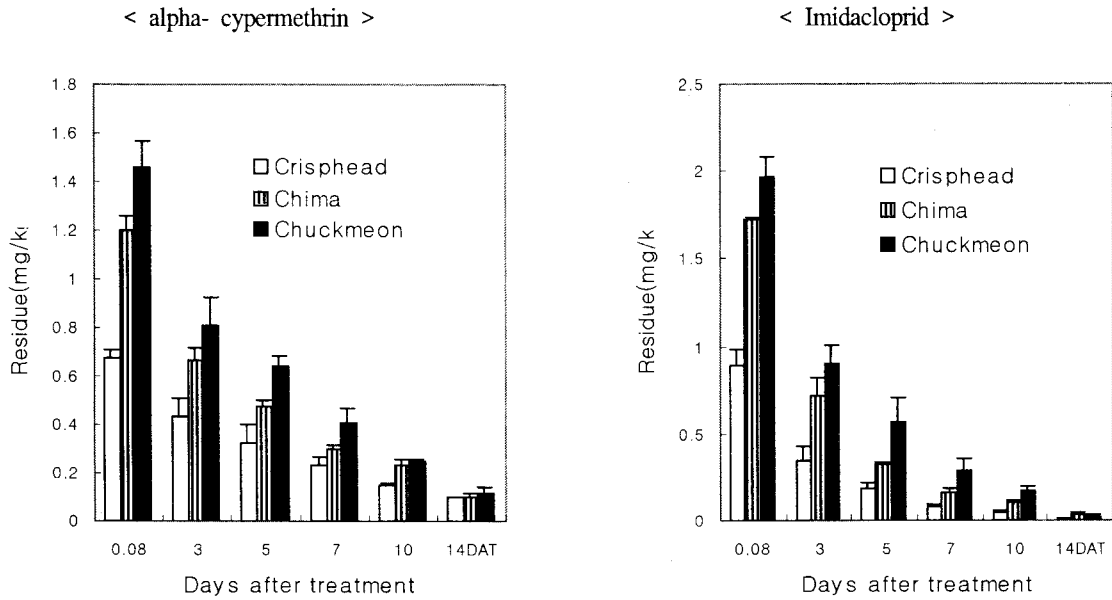


Fig. 2 Dissipation pattern of alpha-cypermethrin and imidacloprid in/on different varieties of lettuce by elapsed time after foliar spraying.

많은 연구가 이루어져야 할 것으로 생각되었다.

이상의 결과를 종합하면 상추 중 농약의 잔류특성은 살포직후에는 상추 잎의 주름모양, 결구여부 등 작물의 외관에 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 따라서 상추와 같이 작물체의 생육양상이 품종에 따라 서로 상이한 엽채류의 경우에는 농약잔류성 측면에서는 동일 group으로 분류할 수 없음을 알 수 있었다.

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.  
 Ueji, M., K. Hiroko and N. Kouji (2002) Analytical Methods of Pesticide residues. Soft Science. Inc. Tokyo Japan  
 권혜영, 김진배, 이희동, 임양빈, 경기성, 박인희, 최정 (2004) 비표면적을 이용한 토마토의 과중별 농약 잔류량 예측. 한국농약과학회지 8(1):30~37.  
 김진배 (1997) 작물체 부착성 및 잔류성에 미치는 회

석살포제 농약 제형의 영향. 전북대학교 석사학위 논문.  
 김진배, 송병훈, 전재철, 임건재, 임양빈 (1997) 제형에 따른 농약의 작물체 부착성 및 잔류성. 한국농약과학회지 1(1):35~40.  
 김찬섭 (1998) 토양시료 중 잔류농약 다성분 분석법 개발. 농업과학기술원 시험연구보고서. pp.883~909  
 농약사용지침서 (2005) 농약공업협회.  
 市原勝 (1989) 施設野菜の 農薬残留に 影響な 及ばす 諸因子. 農薬と園藝:42~48.  
 이영득, 이해근 (1985) 사과와 박피와 세척이 농약의 잔류경감에 미치는 효과시험 농약 연구소 시험연구 보고서 pp.435~438.  
 이희동, 경기성, 권혜영, 임양빈, 김진배, 박승순, 김장억(2004) 과일의 형태적 특성에 따른 농약의 잔류성과 분포. 한국농약과학회지 8(2):107~111.  
 임양빈, 이중섭, 경기성, 김찬섭, 오경석, 진용덕, 이병무(2002) 약제 관주처리에 의한 양액재배 토마토의 역병 방제 및 농약잔류 특성. 한국농약과학회지 6(4):287~292.  
 정영호, 김장억, 김정한, 이영득, 임치환, 허장현(2000) 최신 농약학. pp.272~276, 시그마프레스  
 최신 농약의 잔류분석법 (1995) 일본 잔류농약분석법 연구반

---

**Dissipation pattern of pesticide residues in/on different varieties of lettuce applied with foliar spraying under greenhouse condition**

Hee Dong Lee\* · Yang Bin Ihm · Hye Young Kwon<sup>1</sup> · Jin Bae Kim<sup>1</sup> · Kee Sung Kyung<sup>2</sup> · Chan Sub Kim · Byung Youl Oh · Geon Jae Im and Jang Eok Kim<sup>3</sup>(*Pesticide Safety Division, NIAST, RDA, Suwon 441-707, Korea, <sup>1</sup>Hazardous Substances Division, NIAST, RDA, Suwon 441-707, <sup>2</sup>Department of Agricultural Chemistry, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea and <sup>3</sup>Department of Agricultural Chemistry, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea*)

**Abstract :** The study was carried out to investigate dissipation pattern of pesticide residue in/on different varieties of lettuce applied with foliar spraying under greenhouse. The initial deposited amount of alpha-cypermethrin and imidacloprid in/on the crop was entirely corresponded with shape of the crop. Dissipation of deposited pesticide residue was supposed to be related with degradation by sunlight and wash off by watering rather than dilution effect by biomass increase. The crop grouping in leaf vegetables has to be carefully considered even in lettuce for dissipation pattern of pesticide residue; head type and leafy type

**Key words :** dissipation pattern, greenhouse, lettuce, pesticide residue pattern

---

\*Corresponding author(Fax : +82-31-290-0508, E-mail : yi901820@rda.go.kr)