

## 시설재배 쪽파와 부추에서 살충제 Bifenthrin과 Chlorfenapyr의 잔류특성 비교

박종우\* · 손경애<sup>2</sup> · 김태화 · 채석 · 심재룡 · 배병진<sup>1</sup> · 이해근<sup>1</sup> · 임건재<sup>2</sup> · 김진배<sup>2</sup> · 김장익<sup>3</sup>

(주)분석기술과 미래, <sup>1</sup>(주)한국생물안전성연구소, <sup>2</sup>국립농업과학원 농산물안전성부, <sup>3</sup>경북대학교 응용생명과학부

(Received on November 7, 2012. Revised on November 20, 2012. Accepted on December 11, 2012)

### Comparison of the Residue Property of Insecticide Bifenthrin and Chlorfenapyr in Green Onion and Scallion under Greenhouse Condition

Jong-Woo Park\*, Kyeong-Ae Son<sup>2</sup>, Tae-Hwa Kim, Seok Chae, Jae-Ryoung Sim, Byung-Jin Bae<sup>1</sup>, Hae-Kuen Lee<sup>1</sup>, Geon-Jae Im<sup>2</sup>, Jin-Bae Kim<sup>2</sup> and Jang-Eok Kim<sup>3</sup>

Analysis Technology and Tomorrow, 47, 17 Gil, Kyungdaero, Bukgu, Daegu 702-832, Korea

<sup>1</sup>Korea Bio-Safety Institute, 420-6 Danpyung-ri, Gamgok-myeon, Umsung-gun, Chungbuk 369-850, Korea

<sup>2</sup>Department of Agro-Food Safety, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea

<sup>3</sup>School of Applied Biosciences, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

**Abstract** In order to use in the classification of minor crop for the mutual application of safe use guideline, it was compared a green onion with a scallion on the residue property of insecticide bifenthrin and chlorfenapyr. After pesticides were applied 2 times with 1 week interval in that day of harvest, 3 days, 7 days, 10 days and 14 days before harvest, vegetables were harvested, and the residue of pesticides was investigated. Base on the residue in that day of harvest, the deposit of spray solution in vegetables was calculated. The deposit of spray solution of bifenthrin was 123.0 mL/kg in a green onion, and 74 mL/kg in a scallion. In case of chlorfenapyr, it was calculated 126.5 mL/kg in a green onion, and 70.0 mL/kg in a scallion. When the amount of the deposit of both pesticides was compared a green onion with a scallion, it was higher in a green onion. On the other hand, it was estimated the predicted dissipation curve of pesticides in a green onion and a scallion during cultivation. The dissipation curve of bifenthrin was  $y = 1.0334 e^{-0.0602x}$  ( $R^2 = 0.8606$ ) in a green onion, and  $y = 0.7693 e^{-0.1823x}$  ( $R^2 = 0.9756$ ) in a scallion. In case of chlorfenapyr, it was  $y = 2.2603 e^{-0.0519x}$  ( $R^2 = 0.9043$ ) in a green onion, and  $y = 1.2940 e^{-0.1051x}$  ( $R^2 = 0.9782$ ) in a scallion. The half-life of bifenthrin was 11.51 days in a green onion, and 3.80 days in a scallion, respectively. Also, it was estimated half-life in chlorfenapyr, it was 13.35 days in a green onion, and 6.59 days in a scallion, respectively. The half-life of both pesticides in a green onion was longer than in a scallion. When both vegetables were compared with the residue property, the deposit of spray solution and half-life of dissipation in a green onion were more than those in a scallion.

**Key words** Bifenthrin, chlorfenapyr, green ion, scallion, deposit of spray solution, half-life

## 서 론

19세기 영국에서 일어난 산업혁명으로 농업중심 사회에서 공업중심 사회로 전환되는 과정 중 농촌인구의 급격한 도시

로의 집중으로 현대농업에서 노동력의 감소와 농업인구의 노령화가 급격히 진행되었으며, 도시인구들의 가계수입이 증가하여 보다 나은 품질의 농산물을 선호하게 되고 또한 인구의 증가로 인해 소비의 증가가 야기되어 현대농업은 급격한 노동력의 감소와 노령화에도 불구하고 농업 생산물의 품질향상과 생산량의 증대가 요구되고 있다. 따라서 현대 농업에서 품질향상과 생산량 증대를 위해서는 농약은 필수

\*Corresponding author

Tel: +82-53-951-6800, Fax: +82-53-951-6802

E-mail: jxp44@hanmail.net

자재로 인식되고 있으며 국내에서 사용되는 농약의 사용량과 생산량은 1970년대에 비해 크게 증가하고 있다.

농약은 작물이 생육하는 동안 작물의 생육을 저해하는 해충, 병원 및 잡초 등을 효율적으로 제어하는 필수자재이지만 잡초, 병원균 및 해충의 생리활성을 저해하는 역할을 수행해야하는 특성으로 인해 인축에 대한 독성 또한 다소간 가지고 있을 뿐만 아니라 일단 살포된 농약은 병해충 방제라는 그 목적을 실현한 후에도 완전히 소실되지 않고 작물에 잔류할 수 있다(정 등, 2004). 따라서 이들 농약이 어느 한계 이상 잔류하는 농작물이나 식품을 섭취한다면 건강위해성이 발생할 가능성이 있어 우리나라를 포함한 대부분의 국가에서 각 농작물별, 농약별로 잔류허용기준을 설정하여 국가차원에서 농작물에 대한 농약의 잔류문제를 관리감독하고 있으며 농산물 중 농약의 잔류허용기준은 일생동안 사람이 매일 섭취하여도 아무런 영향이 나타나지 않는 수준으로 설정되고 있다(박 등, 2005; 이 등, 2005).

최근 신선채소에 대한 수요가 증가하고, 또한 다양한 소득 작물이 재배되어 소비되고 있으며 작물재배 시 발생하는 병해충을 효율적으로 방제하기 위해 다양한 농약이 사용되고 있어 식품의약품안전청, 농산물품질관리원 및 각 시도보건환경연구원 등에서는 농산물에 대한 잔류농약의 안전성을 평가하고 있으며 일부 농산물이 유통과정 중에서 부적합 농산물로 적발되어 사회적으로 물의를 일으키는 경우가 종종 있다. 만약 농약이 허용기준 이상으로 잔류하는 경우 농림수산식품부에서는 출하 전 농산물에 대한 잔류허용기준을 설정하여 부적절한 농산물의 유통을 사전에 차단하고 있다(농림수산식품부, 2006). 그러나 잔류허용기준이 없는 경우에는 이들 농산물 중 농약잔류허용기준을 유사작물군(엽채류, 과채류, 근채류)으로 크게 분류하고 각 군 중에서 최소의 기준을 적용하여 잔류농약의 안전성을 평가하고 있어 부적합 판정을 받은 대부분의 작물은 잔류허용기준이 없는 전체 재배면적이 1,000 ha 이하인 소면적 재배작물(Minor crop)로서 작물재배 시 발생하는 병해충을 효율적으로 방제하기 위한 농약의 개발이 필요하지만 농약제조회사들은 경제적인 이유로 소면적 작물을 위한 새로운 농약의 등록을 기피하고 있는 실정이다(Ghidiu and Neary, 2004). 따라서 소면적 작물에 대한 농약 잔류문제를 해결하기 위해서는 국내에 재배되는 소면적 작물들을 비슷한 작물들 끼리 모아 작물군을 분류하고 이들 작물군의 대표작물을 선정한 후 대표작물에 대한 잔류성적을 기초로 잔류허용기준을 설정하여 작물군에 포함된 모든 작물에 상호 인정할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 소면적 작물의 그룹화를 통한 잔류허용기준 상호인정을 위한 연구의 일환으로서 그룹 MRL을 설정하고자 할 때 이용 가능한 기초자료 생산을 위하여 경제류 중 비교적 소비량이 크고 또한 잔류량이 비교적 높게 나타나는 쪽파와 부추에서 농약의 잔류특성을 비교·조사하

였다.

## 재료 및 방법

### 시험농약

합성 pyrethroid계 살충제인 bifenthrin과 arylpyrrole계 살충제인 chlorfenapyr를 시험농약으로 사용하였다. 시험에 사용한 농약은 비펜트린·클로르페나피르 수화제(유효성분 1+2%)로서 상표명은 ‘과발마’이며, (주)동부한농에서 생산한 제품을 이용하였다. 회수율과 검량선 작성을 위한 bifenthrin (purity, 94.7%)과 chlorfenapyr (purity, 96.26%) 표준품은 (주)동부한농으로부터 분양받아 사용하였다.

본 시험에 사용한 bifenthrin과 chlorfenapyr의 물리화학적 특성을 Table 1에 나타내었다.

### 시험포장

일시수확 작물인 쪽파에 대한 시험은 충북 음성군 감곡면 단평리 420-6번지에 위치한 (주)한국생물안전성연구소의 시설재배 시험포장에서 수행되었다. 쪽파 종구를 종묘상으로부터 남해재래종을 구매하여 2010년 9월 8일에 약 3 cm × 3 cm 간격으로 쪽파 종구를 파종하였으며 일반적인 작물의 관리는 관행적으로 수행되는 방법에 준하여 진행되었으며 관수는 점적호스를 이용하여 시험기간 동안 관수하였다. 쪽파 포장시험은 시험구 당 10 m<sup>2</sup>로 하여 3반복으로 수행되었다.

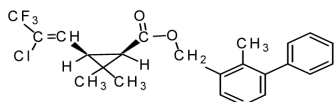
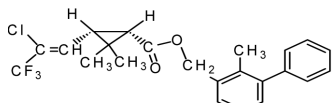
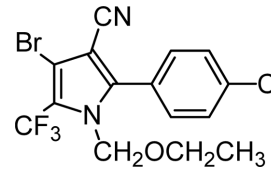
부추에 대한 포장 잔류시험은 경북 경주시 건천읍 용명리 1277-4번지에 위치한 시설재배포장을 임차하여 수행되었으며 파종 및 관수와 같은 일반적인 작물의 관리는 관행적으로 수행되는 방법에 준하여 진행되었으며 1차 약제 살포 후부터는 관수를 중지하였다. 시험포장은 시험구 당 10 m<sup>2</sup>로 하여 3반복으로 수행되었다.

시험기간 중 비닐하우스 내 온도 및 상대습도를 측정하기 위하여 Thermo Recorder (Model TR-72S, T&D Corp., Japan)를 이용하여 1시간 간격으로 측정하였으며 시험기간 중 비닐하우스 내의 최고, 최저 및 평균온도와 평균습도는 Fig. 1과 2에 나타내었다.

### 시험약제 살포

시험농약인 비펜트린·클로르페나피르 수화제를 농약의 안전사용기준(작물보호협회, 2011)에 따라 1,000배 희석하여 배부식동력분무기(마루야마 MS597H)를 이용하여 약액이 흐를 정도로 충분히 살포하였으며 이때 살포구의 노즐팁은 NN-D-8이었으며 분사량은 2.8-3.1 L/min으로 각 시험구에 대한 희석 살포액의 약량은 약 0.15 L/m<sup>2</sup> 정도였다. 시험농약은 작물의 상품성이 높은 시기를 수확일을 설정한 후 각 수확일로부터 역으로 환산하여 각각 수확 14, 10, 7, 3일

**Table 1.** Physicochemical properties of bifenthrin and chlorfenapyr

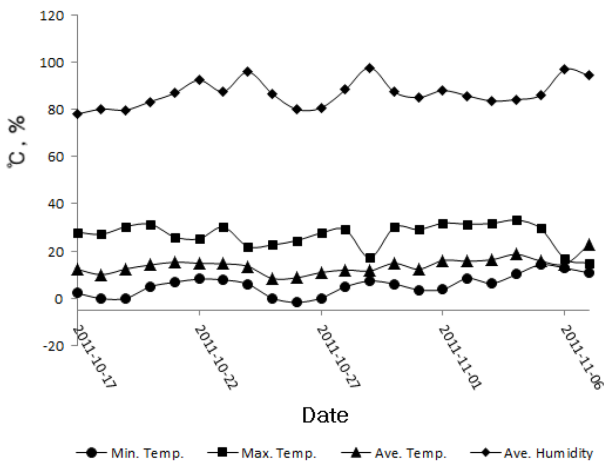
| Common name           | Bifenthrin  | Chlorfenapyr  |
|-----------------------|---|---|
| Chemical structure    | <p>(Z)-(1R)-cis-</p>  <p>(Z)-(1S)-cis-</p>  |    |
| Chemical name (IUPAC) | 2-methylbiphenyl-3-ylmethyl (Z)-(1RS,3RS)-3-(2-chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-enyl)-2,2-dimethyl cyclopropanecarboxylate  | [4-bromo-2-(4-chlorophenyl)-1-ethoxymethyl-5-trifluoromethyl pyrrole-3-carbonitrile]  |
| Molecular weight      | 422.9   | 407.6   |
| K <sub>ow</sub> log P | > 6   | 4.83  |
| Vapour pressure       | 0.024 mPa (25)  | < 1.2 × 10 <sup>-2</sup> mPa (20)   |
| Solubility            | In water < 1 mg/L. Soluble in acetone, chloroform, dichloromethane, diethyl ether, and toluene. Slightly soluble in heptane and methanol  | Practically insoluble in water. Soluble in acetone, diethylether, dimethyl sulfoxide, tetrahydrofuran, acetonitrile, and alcohols                   |
| Stability             | Stable for 2 y at 25°C and 50°C (tech.). In natural daylight, DT <sub>50</sub> 255 d; stable 21 d at pH 5-9 (21)  | In air, DT <sub>50</sub> 0.88 d(10.6 h, clac.). In water (direct photodegradation), DT <sub>50</sub> 4.8-7.5d. Stable to hydrolysis (pH 4, 7 and 9) |

전 및 수확당일로 구분한 후 7일 간격으로 2회 살포하였다. 각 작물의 수확시기는 쪽파의 경우 2011년 11월 7일, 부추는 2011년 5월 23일로 설정하였다. 약제의 살포는 쪽파의 경우 2011년 10월 17일부터 2011년 11월 7일까지, 부추는 2011년 5월 2일부터 5월 23일까지 수행되었다.

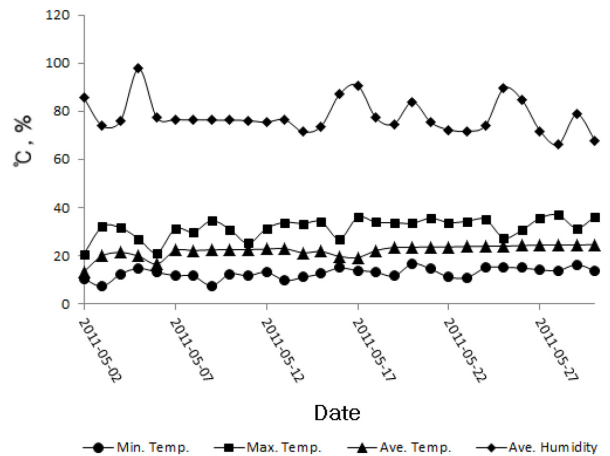
**시료의 수확 및 균질화**

본 연구에 사용된 작물은 일시수확 소면적 작물들로서 쪽

파의 경우 2011년 11월 7일, 부추의 경우 2010년 5월 23일에 수확당일 약제살포 시험구에 시험약제를 살포한 후 약제가 완전히 건조되도록 2시간 정도 기다린 후 시험구당 약 5 kg 정도를 수확하여 즉시 실험실로 옮겼다. 실험실로 옮긴 시료는 즉시 -20°C 이하에서 냉동시키고 완전히 냉동된 시료는 드라이아이스를 이용하여 해동되지 않도록 조심하면서 균질화한 후 일부를 취하여 냉동보관하면서 분석시료로 이용하였다. 수확한 쪽파시료의 평균 초장은 약 39.0 ± 2.7 cm



**Fig. 1.** Temperature and humidity in greenhouse during cultivation period for a green onion.



**Fig. 2.** Temperature and humidity in greenhouse during cultivation period for a scallion.

(n = 50), 무게는  $58.61 \pm 13.5$  g(n = 50)이었으며, 부추의 경우 평균 초장은  $34.5 \pm 1.9$  cm(n = 50), 무게는  $1.84 \pm 0.45$  g(n = 50)이었다.

**표준품의 검량선 작성**

Bifenthrin 표준품 (purity 94.7%) 10.56 mg 및 chlorfenapyr 표준품 (purity 96.26%) 10.39 mg을 acetonitrile 100 mL에 각각 용해하여 100 mg/L의 stock solution을 각각 제조하였다. 이 표준용액을 acetonitrile로 희석하여 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0 및 5.0 mg/L의 표준용액을 각각 조제하고 각각 2 µL씩 GC/ECD에 주입하여 나타난 chromatogram 상의 peak 면적을 이용하여 bifenthrin과 chlorfenapyr의 표준검량선을 각각 작성하였다.

**농약의 잔류분석법**

시료 40 g을 homogenizer cup에 넣은 후 acetonitrile 100 mL를 첨가하여 homogenizer로 3분간 12,000 rpm으로 고속 마쇄, 추출하였다. 추출물은 약 5 g 정도의 celite가 깔린 büchner funnel상에서 감압, 여과하고 이때 acetonitrile 약 50 mL로 용기 및 잔사를 씻어 앞의 여액과 합하였다. 이 여액을 separatory funnel에 옮겨 증류수 450 mL, 포화식염수 50 mL를 첨가하고 70 mL의 dichloromethan으로 2회 분배한 후 유기용매층을 모아 sodium sulfate층을 통과시켜 탈수하고 40°C 수욕상에서 감압 농축하였다. 감압 농축한 후 잔사를 acetonitrile 4 mL에 재용해하고 이 중 1 mL를 취하여 미리 PSA 약 25 mg을 넣어둔 E-tube에 옮겨 격렬히 흔들고 약 3분간 10,000 rpm으로 원심분리시킨 후 상등액을 취하여 이를 각각 2 µL씩 GC/ECD에 주입하여 나타난 chromatogram 상의 peak 면적을 표준검량선과 비교하여 잔류량을 산출하였다.

**기기분석 조건**

각 시료 중 잔류하는 bifenthrin과 chlorfenapyr의 분석은 GC/ECD를 이용하였으며 이때의 기기분석 조건은 Table 2

**Table 2.** GC/ECD operating condition for the analysis of bifenthrin and chlorfenapyr

|                  |  |
|------------------|--|
| GC               | Varian CP-3800 system with autosampler   |
| Detector         | Electron Capture Detector (ECD)  |
| Column           | DB-5 (30 m × 0.25 mm, 0.25 µm)   |
| Temperature      | Column oven programmed from 160°C for 2 min, 20°C/min until 280°C and held for 4 min<br>Injection port 270°C<br>Detector block 300°C |
| Flow rate        | Carrier gas (N <sub>2</sub> ) 1.0 mL/min   |
| Split ratio      | 30   |
| Injection volumn | 2 µL   |

와 같았다.

**작물 중 농약의 회수율**

무처리 시료 40 g에 acetonitrile에 녹인 bifenthrin 및 chlorfenapyr 표준용액 40 mg/L을 각각 0.1 및 0.5 mL를 처리하여 0.1 mg/kg 및 0.5 mg/kg이 되도록 한 후 혼화하고 1시간 동안 방치한 후 앞서의 분석과정을 행하여 회수율을 산출하였으며 회수율은 각 처리농도에서 3반복 수행되었다.

**시험결과**

**농약의 분석법 확립**

시험에 사용된 작물인 쪽파와 부추에서 bifenthrin과 chlorfenapyr에 대한 잔류분석법의 유효성을 평가하기 위해 회수율시험이 수행되었으며 그 결과를 Table 3에 나타내었다. 두 수준의 농도(0.1 및 0.5 mg/kg)에서 수행된 bifenthrin에 대한 분석법의 회수율은 쪽파에서 각각  $86.5 \pm 2.1\%$ 와  $88.2 \pm 1.7\%$ 이었으며 부추에 대해서는 각각  $85.6 \pm 3.8\%$ 와  $87.2 \pm 5.1\%$ 를 나타내었다. 같은 방법으로 수행된 chlorfenapyr의 회수율 시험에서도 쪽파에 대해 각각  $87.6 \pm 3.6\%$ 와  $89.1 \pm 2.4\%$  그리고 부추에 대해서는  $85.8 \pm 2.8\%$ 와  $87.7 \pm 3.3\%$ 를 나타내었다. 따라서, 쪽파와 부추에서 bifenthrin과 chlorfenapyr의 잔류분석법은 농약의 등록시험기준과 방법에서 정하여 둔 회수율 70-120%, 변이계수 20% 이내의 수준을 만족하였으며 검출한계는 각각 0.01 mg/kg으로 나타났다.

본 연구에서 사용된 GC/ECD의 분석 chromatograms는 Fig. 3과 Fig. 4에 나타내었다.

**작물 중 살포액의 부착량**

수확 당일 살포구에서 bifenthrin의 경우 쪽파에서 1.23 mg/kg, 부추에서는 0.74 mg/kg이 검출되었고, chlorfenapyr의 경우, 쪽파에서 2.53 mg/kg, 부추에서는 1.40 mg/kg이 검출되었다(Table 4). 이 결과를 바탕으로 각 작물별 농약살포액의 부착량을 식 (1)에 따라 계산한 결과 일주일 간격으로 2회

**Table 3.** Recoveries and limit of detection of the analytical methods

| Vegetable   | Pesticide    | Fortification level (mg/kg) | Recovery±SD (%) | LOD (mg/kg) |
|-------------|--------------|-----------------------------|-----------------|-------------|
| Green onion | Bifenthrin   | 0.1                         | 86.5±2.1        | 0.01        |
|             |              | 0.5                         | 88.2±1.7        |             |
|             | Chlorfenapyr | 0.1                         | 85.6±3.8        | 0.01        |
|             |              | 0.5                         | 87.2±5.1        |             |
| Scallion    | Bifenthrin   | 0.1                         | 87.6±3.6        | 0.01        |
|             |              | 0.5                         | 89.1±2.4        |             |
|             | Chlorfenapyr | 0.1                         | 85.8±2.8        | 0.01        |
|             |              | 0.5                         | 87.7±3.3        |             |

살포하였을 때 이론적으로 부착될 수 있는 살포액의 약량은 쪽파의 경우 작물 1 kg당 123.0-126.5 mL이었고, 부추는 70-74 mL으로 조사되었다(Table 4).

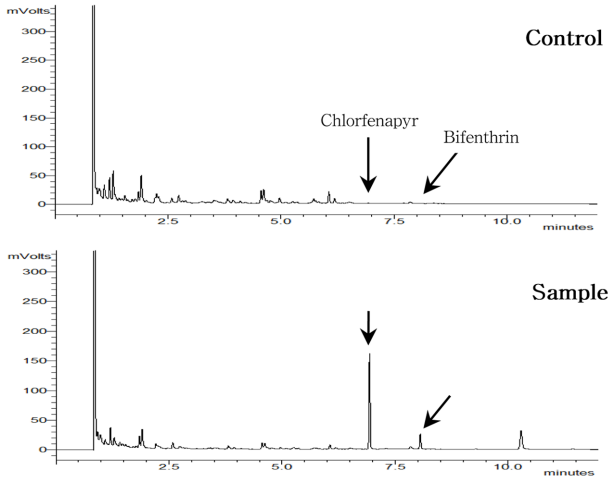


Fig. 3. GC/ECD chromatograms of bifenthrin and chlorfenapyr in a green onion.

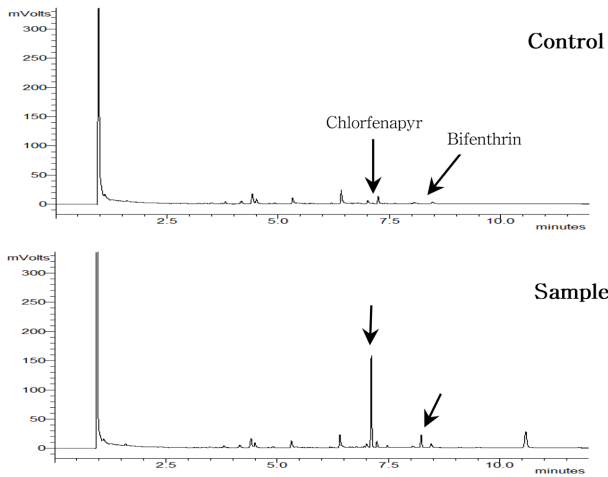


Fig. 4. GC/ECD chromatograms of bifenthrin and chlorfenapyr in a scallion.

Table 4. The residue and deposit of spray solution in a green onion and a scallion after application

| Vegetables  | Pesticides   | Residue after application (mg/kg) | Deposit of spray solution* (mL/kg of crop) |
|-------------|--------------|-----------------------------------|--|
| Green onion | Bifenthrin   | 1.23                              | 123.0                                      |
|             | Chlorfenapyr | 2.53                              | 126.5                                      |
| Scallion    | Bifenthrin   | 0.74                              | 74.0                                       |
|             | Chlorfenapyr | 1.40                              | 70.0                                       |

\*Deposit of spray solution (L/kg of crop) = Residue (mg/kg) × 100/content of a.i. (%) × 1/dilution factor (1,000)

$$\text{살포액 부착량 (mL/kg)} = A \times 100/B \times 1/C \times 1000 \quad (1)$$

where, A = 수확당일 잔류량 (mg/kg)

B = 유효성분함량(%)

C = 살포액 조제시 희석배수 (1,000)

수확전 일주일 감격으로 2회 약제를 살포한 직후 수확한 작물에서 살포액은 부추보다는 쪽파에서 약 2배 정도 더 많이 부착될 수 있는 것으로 나타났다.

작물재배기간 중 잔류량의 변화

Bifenthrin의 경우 쪽파에서의 잔류량은 수확당일에는 1.23 mg/kg의 잔류수준을 나타내었으나 시간이 경과함에 따라 그 잔류량은 감소하여 수확 14일 전 살포구에서의 잔류량은 0.48 mg/kg으로 약 2.5배 정도 감소되는 것으로 나타났으며, 부추의 경우, 수확 당일 살포구에서의 농약 잔류량은 0.74 mg/kg으로 나타났으나 수확 14일 전 살포구에서는 이보다 10배 이상 감소한 0.05 mg/kg으로 나타났다. 수확당일의 농약잔류량이 부추에서보다 쪽파에서 2배 정도 높게 조사되었고 최종약제 살포 후부터 14일이 경과할 때까지 농약의 소실 속도는 부추에서 훨씬 빠른 것으로 조사되었다.

이 결과를 바탕으로 각 작물에서의 재배기간 중 bifenthrin의 잔류감소 회귀식을 구하였다. 쪽파에서 bifenthrin의 분해감소 회귀식은  $y = 1.0334 e^{-0.0602x}$  ( $R^2 = 0.8606$ )이었으며, 부추에서는  $y = 0.7693 e^{-0.1823x}$  ( $R^2 = 0.9756$ )으로 나타났다(Fig.

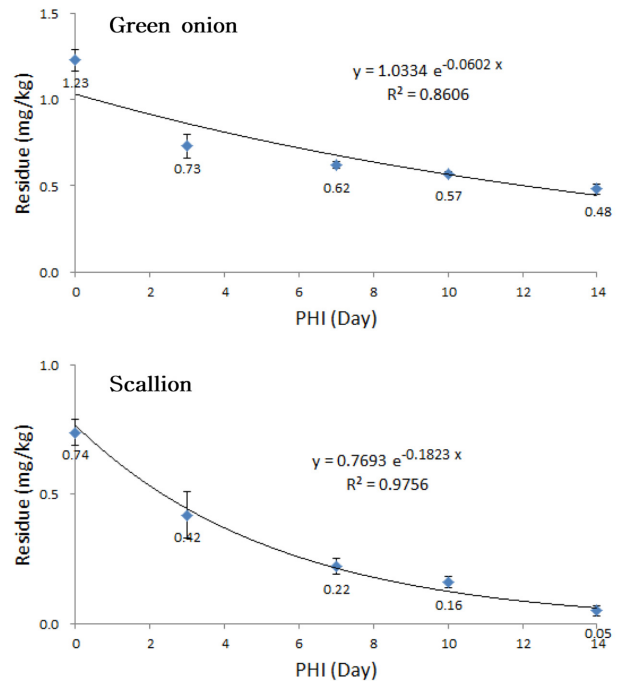


Fig. 5. Dissipation curve of bifenthrin on a green onion and a scallion during cultivation period.

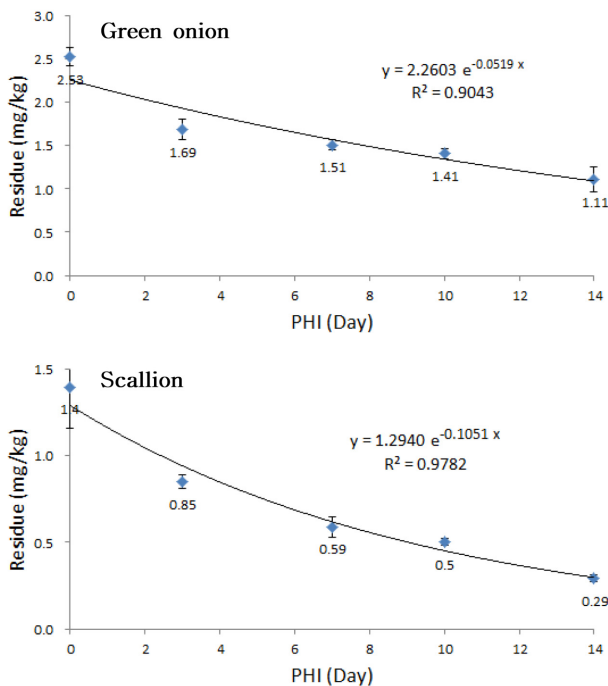
**Table 5.** Regression curves and biological half lives of bifenthrin and chlorfenapyr in a green onion and a scallion

| Vegetables  | Pesticide    | Regression curve          |                | Half-live (day) |
|-------------|--------------|---------------------------|----------------|-----------------|
|             |              | Equation                  | r <sup>2</sup> |                 |
| Green onion | Bifenthrin   | $y = 1.0334 e^{-0.0602x}$ | 0.8606         | 11.51           |
|             | Chlorfenapyr | $y = 2.2603 e^{-0.0519x}$ | 0.9043         | 13.35           |
| Scallion    | Bifenthrin   | $y = 0.7693 e^{-0.1823x}$ | 0.9756         | 3.80            |
|             | Chlorfenapyr | $y = 1.2940 e^{-0.1051x}$ | 0.9782         | 6.59            |

5 및 Table 5). Bifenthrin의 분해반감기는 쪽파에서 11.51일, 부추에서는 3.80일로서 부추에서의 분해반감기가 쪽파에 비해 짧은 것으로 나타났다(Table 5).

Chlorfenapyr의 경우, 분해감소 회귀식은 쪽파에서  $y = 2.2603 e^{-0.0519x}$  ( $R^2 = 0.9043$ )이었으며, 부추에서는  $y = 1.2940 e^{-0.1051x}$  ( $R^2 = 0.9782$ )으로 나타났다(Fig. 6 및 Table 5). Chlorfenapyr의 분해반감기는 쪽파에서 13.35일, 부추에서는 6.59일로서 bifenthrin과 마찬가지로 부추에서의 분해반감기가 쪽파에 비해 짧은 것으로 나타났다(Table 5). 각 작물에서 두 농약 bifenthrin과 chlorfenapyr의 소실 속도를 비교하였을 때 bifenthrin이 비교적 chlorfenapyr에 비해 소실속도가 다소 빠른 것으로 조사되었다.

공시농약인 bifenthrin과 chlorfenapyr의 쪽파와 부추에서의 잔류량을 기초로 작성된 분해소실곡선을 이용하여 이론



**Fig. 6.** Dissipation curve of chlorfenapyr on a green onion and a scallion during cultivation period.

**Table 6.** DT<sub>20</sub>, DT<sub>50</sub>, DT<sub>75</sub> and DT<sub>90</sub> of bifenthrin and chlorfenapyr in a green onion and a scallion

| Vegetables  | Pesticide    | DT <sub>20</sub> | DT <sub>50</sub> | DT <sub>75</sub> | DT <sub>90</sub> |
|-------------|--------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Green onion | Bifenthrin   | 3.71             | 11.51            | 20.00            | 38.25            |
|             | Chlorfenapyr | 4.30             | 13.35            | 23.20            | 44.37            |
| Scallion    | Bifenthrin   | 1.22             | 3.80             | 6.60             | 12.63            |
|             | Chlorfenapyr | 2.12             | 6.59             | 11.44            | 21.89            |

적으로 초기 농도의 20%, 50%, 75% 및 90%가 제거되는데 소요되는 기간을 조사한 결과는 Table 6에 나타내었다. 쪽파에서 bifenthrin이 75% 제거되는 필요한 기간을 표시하는 DT<sub>75</sub>는 약 20일 정도가 필요하고 90% 제거되기 위해서(DT<sub>90</sub>)는 약 38.25일의 시간이 필요한 것으로 나타났고, chlorfenapyr의 경우에는 DT<sub>75</sub>는 23.2일, DT<sub>90</sub>는 44.37일로 나타났다. 부추의 경우, bifenthrin의 DT<sub>75</sub>는 6.6일, DT<sub>90</sub>은 12.63일이었고, chlorfenapyr의 DT<sub>75</sub>는 11.44일, DT<sub>90</sub>은 21.89일로 나타났다.

## 고 찰

경채류를 대표할 수 있는 두 작물인 쪽파와 부추에서의 농약의 잔류양상을 조사하였다. 공시농약으로 사용된 bifenthrin과 chlorfenapyr의 쪽파와 부추에서의 잔류량은 매우 상이한 결과를 나타내었다. 작물의 형태나 살포농약의 물리화학적 특성 등에 의한 작물 중 농약 살포액의 부착량을 조사하기 위해, 수확당일에 최종 약제가 살포된 시험구에서의 잔류량을 바탕으로 조사하였다. 농약이 1주일 간격으로 2회 살포하였을 때 이론적으로 작물체 중에 부착될 수 있는 농약 살포액의 양을 환산한 결과 쪽파에서 부추에 비해 약 1.7배 정도 더 많이 부착되는 것으로 나타났다(Table 4). 작물 중 농약의 부착량에 영향을 미치는 요인은 농약의 물리화학적 특성, 작물체의 생육특성 및 재배조건 등으로 알려지고 있다(정 등, 2004; 권 등, 2004; 김 등 1997; 이 등, 2004). 그러나 본 연구는 작물체를 제외하고는 사용된 농약 및 재배조건이 비슷한 가운데 수행되어 작물의 성장속도, 잎의 표면 및 작물의 생육 형태 등과 같은 작물의 생육특성에 기인하여 초기 부착량에서 차이가 있는 것으로 추론된다. 그러나 쪽파와 부추를 비교하였을 때, 수확한 시료의 초장과 무게를 조사한 결과 쪽파와 부추의 초장은 각각 39.0과 34.5 cm로 비슷하나 개별 무게는 각각 58.6과 1.84 g으로 쪽파가 훨씬 무거운 것으로 나타나 농약 살포액의 부착량에 비례하는 작물의 표면적은 쪽파보다 부추가 더 넓은 것으로 생각되어 작물의 표면적으로 초기 살포액의 부착량이 쪽파가 부추에 비해 높게 나타난 결과를 설명할 수는 없을 것으로 판단된다. 또한 부추와 쪽파의 작물표면을 조사해 보면 표면에 솜털이 있거나 표면이 울퉁불퉁하다던가 하는 농약의 잔류량에 영향을 미칠 만한 요소를 발견할 수가 없다. 따

라서 쪽파에서 농약 살포액의 부착량이 많아 초기 잔류량이 부추에 비해 높게 나타나는 것은 작물의 표면적이나 작물 표면의 특성과 같은 일반적인 요인 이외에 또 다른 중요한 요인이 존재할 수 있다는 것을 나타내며 향후 이에 대한 조사 연구가 필요할 것으로 생각된다.

또한, 쪽파와 부추에서 공시농약인 bifenthrin과 chlorfenapyr의 소실속도를 조사한 결과 쪽파에서 분해반감기가 bifenthrin의 경우 약 11.51일, chlorfenapyr는 13.35일인데 비해 부추에서는 분해반감기가 각각 3.80과 6.59일로서 부추보다는 쪽파에서 시험농약 모두에서 상대적으로 긴 것으로 나타났다. 이전 연구에서 이 등(2008)은 오이에서 boscalid의 생물학적 분해소실은 오이의 중량증가에 의한 회석효과에 의한 것으로 오이의 중량증가라는 요인을 제거하면 약제 살포 후 10일 동안의 boscalid 소실은 매우 미미한 것으로 나타났다고 보고하였고, Marin 등(2003)은 작물체 중 농약의 분해소실은 급격히 성장하는 작물에 있어서 중량의 증가가 가장 중요한 요인이라고 제시하였다. 실제로 부추의 경우 수확 후 다음 수확까지 소요되는 기간이 약 3주 정도인데 비해 쪽파의 경우 파종 후 수확하기까지 40일 이상이 소요되는 것으로 알려져 있다. 따라서 비록 본 시험에 사용된 쪽파와 부추에서 조사된 공시농약인 bifenthrin과 chlorfenapyr의 분해반감기의 차이는 두 작물의 생육속도에 기인하는 것으로 판단된다.

결론적으로 소면적 작물에서 잔류성적의 상호인정을 통한 잔류허용기준을 설정을 위해 대표작물을 선정하고자 할 때 쪽파, 부추 등이 포함되는 경채류에서는 농약의 초기 잔류량이 높고 분해반감기가 상대적으로 긴 쪽파가 우선적으로 고려되어야 할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 2010년 농촌진흥청의 “소면적 재배작물의 농약 안전사용기준 적용작물 그룹화 연구(과제번호: PJ007388)”의 연구비 지원으로 수행된 결과의 일부이며 연구비 지원에 감사를 드립니다.

## Literature Cited

- Ghidiu, G. M. and P. E. Neary (1994) An Extension Perspective of the Minor Use Crops Pesticide Problem in Vegetable Production. *J Extension*. 32(1), <http://www.joe.org/joe/1994-june/a5.php>.
- Jung, Y. H., J. E. Kim, J. H. Kim, Y. D. Lee, C. H. Im and J. Y. Huh (2004) *New Pesticides*. pp. 341~361, Sigma Press Inc., Korea.
- Kim, J. B., B. H. Song, J. C. Chun, G. J. Im and Y. B. Im (1997) Effect of Sprayable Formulations on Pesticide Adhesion and Persistence in Several Crops. *The Korean Journal of Pesticide Science* 1(1):35~40.
- Korea Crop Protection Association (2010) *Guideline of Pesticides Use*. pp.526, Samjeong Press Inc., Korea.
- Kwon, H. Y., J. H. Kim, H. D. Lee, Y. B. Ihm, K. S. Kyung, I. H. Park and J. Choi (2004) Estimate of Pesticide Residues in Tomato Varieties using Ratio of Surface Area Weight. *The Korean Journal of Pesticide Science* 8(1):30~37.
- Marin, A., J. Oliva, C. Garcia, S. Navarro and A. Barba (2003) Dissipation Rates of Cyprodinil and Fludioxonil in Lettuce and Table Grape in the Field and under Cold Storage Conditions. *J. Agric. Food Chem.* 51(16):4708~4711.
- Ministry for Food, Agriculture, Agricultural and Marine Products Quality Control Act (2006) Act 9117. Chapter 2.
- Lee, H. D., K. S. Kyung, H. Y. Kwon, Y. B. Ihm, J. B. Kim, S. S. Park and J. E. Kim (2004) Residue characteristics hexaconazole and chlorothalonil in several fruits. *The Korean Journal of Pesticide Science* 8(2):107~111.
- Lee, J. H., H. W. Park, Y. S. Keum, C. H. Kwon, Y. D. Lee and J. H. Kim (2008) Dissipation Pattern of Boscalid in Cucumber under Greenhouse Condition. *The Korean Journal of Pesticide Science* 12(1):67~73.
- Lee, M. G., M. G. Hong, K. S. Park, D. M. Choi, M. H. Lim and S. R. Lee (2005) Procedures in Establishing Residue Limits of Pesticides on Food Crops in Korea. *Korean Society of Food Science and Technology* 37(4):685~694.
- Park, G. S., M. H. Im, D. M. Choi, J. Y. Jeong, M. I. Chang, K. I. Kwon, M. K. Hong and C. W. Lee (2005) Establishment of Korean Maximum Residue Limits for Pesticides in Foods. *The Korean Journal of Pesticide Science* 9(1):51~59.

## 시설재배 쪽파와 부추에서 살충제 Bifenthrin과 Chlorfenapyr의 잔류특성 비교

박종우\* · 손경애<sup>2</sup> · 김태화 · 채석 · 심재룡 · 배병진<sup>1</sup> · 이해근<sup>1</sup> · 임건재<sup>2</sup> · 김진배<sup>2</sup> · 김장역<sup>3</sup>

(주)분석기술과 미래, <sup>1</sup>(주)한국생물안전성연구소, <sup>2</sup>국립농업과학원 농산물안전성부, <sup>3</sup>경북대학교 응용생명과학부

**요 약** 일시에 수확하는 경채류 중 쪽파와 부추에 대한 살충제 bifenthrin과 chlorfenapyr의 잔류특성을 비교·조사하였다. 수확일을 기준으로 각각 1주일 간격으로 2회 살포한 후 수확당일, 수확 3일 전, 수확 7일 전, 수확 10일 전 및 수확 14일 전에 시료를 수거하여 잔류량을 조사하였다. 수확당일의 잔류량을 기초하여 작물 중 농약살포액의 부착량을 환산한 결과, 쪽파의 경우 123.0-125.5 mL/kg, 그리고 부추에서는 70.0-74 mL/kg으로 조사되어 쪽파가 부추에 비해 더 많은 살포액이 부착될 수 있는 것으로 나타났다. 각 작물에서 bifenthrin과 chlorfenapyr의 생육기간 중 농약의 분해소실 정도를 조사한 결과, 쪽파에서 bifenthrin의 분해소실곡선은  $y = 1.0334 e^{-0.0602x}$  ( $R^2 = 0.8606$ ), chlorfenapyr는  $y = 2.2603 e^{-0.0519x}$  ( $R^2 = 0.9043$ )이었으며, 부추에서는 bifenthrin의 경우,  $y = 0.7693 e^{-0.1823x}$  ( $R^2 = 0.9756$ ), chlorfenapyr는  $y = 1.2940 e^{-0.1051x}$  ( $R^2 = 0.9782$ )으로 나타났다. 이 분해소실곡선을 이용하여 각 작물에서 두 농약의 분해반감기를 조사한 결과, bifenthrin의 경우, 쪽파에서 분해반감기는 11.51일이었으며, 부추에서는 3.80일로서 쪽파에서의 분해 반감기가 더 긴 것으로 나타났으며, chlorfenapyr의 경우에서도 쪽파 13.35일, 부추 6.59일로 쪽파에서의 분해반감기가 더 길었다. 쪽파와 부추에서 두 농약의 잔류특성이 비교되었을 때 농약살포 후 살포액의 부착량과 작물생육기간 중 농약의 분해반감기는 부추에서보다는 쪽파에서 더 많거나 긴 것으로 나타났다.

**색인어** Bifenthrin, chlorfenapyr, 쪽파, 부추, 살포액 부착량, 반감기