



살포기 종류별 살포물량별 사과 중 농약 잔류량의 비교

문성환 · 권혜영* · 홍수명 · 김상수 · 손경애 · 임치환^{1,*}

농촌진흥청 국립농업과학원 화학물질안전과, ¹충남대학교 생물환경화학과

Comparison of Pesticide Residue Amounts in Apple Trees Applied by Different Sprayers and Spray Volumes

Seong-Hwan Moon, Hyeyoung Kwon*, Su-Myeong Hong, Sang-Su Kim, Kyung-Ae Son and Chi-Hwan Lim^{1,*}

Chemical Safety Division, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju, Jeonbuk 55365, Republic of Korea

¹Department of Applied Biology, College of Agricultural and Life Science, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Republic of Korea

(Received on August 18, 2016. Revised on September 30, 2016. Accepted on September 30, 2016)

Abstract This study was conducted to compare of the pesticide residue amounts in fruit trees applied by different sprayers and spray volumes. Apple tree was used as a sample tree, and speed sprayer, power sprayer and knapsack motorized sprayer were tested. For similar sprayer and spray volume, the concentration of fluquinconazole and flusilazole in apple leaves were obtained respectively, for speed sprayer 8.33 and 2.15 mg/kg, for power sprayer 4.56 and 1.10 mg/kg, and for knapsack 4.55 and 1.12 mg/kg. The results showed that the treatment using speed sprayer had highest efficiency. The pesticide residues in apple leaves sprayed by 3 different spray volumes (560, 336 and 230 L/10a) using speed sprayer were 10.76 mg/kg, 8.32 mg/kg, 6.04 mg/kg on fluquinconazole and 3.04 mg/kg, 2.14 mg/kg and 1.47 mg/kg on flusilazole, respectively, indicating that the higher the volume, the higher the residues. The results from this study can be used as scientific basis for evaluating the field trial data for pesticide registration and the spray volume setting for fruit trees in Korea.

Key words Deposit amount, pesticide residue, sprayer, spray volume.

서 론

경제성과 효율성 측면에서 작물체에 살포된 농약의 초기 부착율의 평가는 중요하다. 농약의 부착량은 작물표면에 물리적으로 부착되어 있는 것 뿐만 아니라 작물체 내 침투하는 것까지도 포함한다. 살포된 농약이 작물체에 부착되는 정도는 병해충의 방제효과 뿐만 아니라 작물의 잔류성에도 영향을 미친다(Han et al., 2013). 따라서 농약이 작물체에 살포되어 표면에 부착되는 과정은 매우 중요한 의미를 가지고 있다.

농약이 작물에 부착되는 정도는 작물의 종류 및 표면특성,

재배형태 및 재배방식, 살포 농약성분의 이화학적 특성과 제제형태, 농약 살포방법 등에 따라 부착량이 결정되는 것으로 알려져 있다(Poulsen et al., 2012). 또한 농약이 충분한 방제효과를 얻기 위해서는 목표하는 병원균 및 해충에 선택적이며 유효성분과 농도가 충분해야 하고, 적절한 시기에 목표하는 지점에 균일하게 부착되도록 하는 살포기술은 살포기의 형태 및 구조와 같은 기계적인 특성과 유효성분을 작물체에 부착할 수 있도록 하는 노즐의 형태 및 종류와 같은 미세조절 특성이 약효를 발현하는데 중요한 요인으로 작용하고 있다(Han et al., 2013).

살포기의 형태 및 구조, 노즐의 형태 등과 같은 살포 기술은 살포기에 따라서 달라지는데 이러한 살포 기술에 의해 개체 간 또는 집단적으로 변이를 나타낸다(Poulsen et al., 2012). Cho 등(2000)은 장미온실에서 모노레일 무인방제기

*Corresponding authors

E-mail: kwonhy91@korea.kr (HK), chlim@cnu.ac.kr (CL)

와 관행방제 간에 농약 살포방법 중 분무법에 의해 동일한 방제효과를 나타내지만 18.2%의 농약 사용량 차이가 있다고 하였다. 기존에 동력분무 방식은 다량살포로 평균 피복면적비는 높으나 부분적으로 과다 살포되어 약액이 흘러내리는 반면 수관 내부의 침투성이 낮아 불균일하게 피복되므로 살포 방법도 중요한 잔류량 결정요인의 한가지임을 알 수 있다(Kang et al., 2003). 특히 농약의 환경 영향에 관한 관심이 커지고 있는 가운데 동력분무기의 경우 입자가 미세하여 대기 중 휘산 되어 환경오염이 발생될 수 있다. 이를 개선하기 위해 입자의 크기를 크게 한 air induction spray 방법으로 개발된 것이 스피드스프레이어이며 대기 중 휘산을 줄이고 빠른 속도로 농약을 살포할 수 있게 되었다(Hislop et al., 1995). 이 방제기는 축류팬을 이용하여 고속의 바람을 일으키고 약제입자를 유속에 실어 이송시킴으로써 고소 원거리 방제에 이용되고 있다.

방제기의 부착량 분포 특성을 규명하기 위한 다양한 부착량의 측정 방법이 소개되었다(Koo et al., 2007). Zhu 등(2006)은 형광 분석기를 이용하여 인공 시료판에 부착된 형광안료의 정량적 측정을 통하여 부착량을 측정하였다. Macnichol 등(1997)은 kromekote 감수지를 이용하여 항공방제의 부착특성을 분석하여 간접적인 방제효과를 예측하였고. Jeon 등(2016)은 filter paper를 이용하여 나무 높이에 따른 부착량을 측정한다.

한편 우리나라 농약품목등록을 위한 시험 중 약효 및 잔류량 평가에서는 살포물량을 “약액이 흐를때까지 골고루 뿌린다”고 정의할 뿐 현재 우리나라에는 작물별 농약살포에 이용되는 살포물량에 대한 자료가 없다.

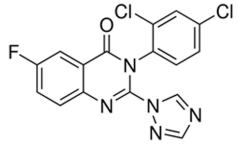
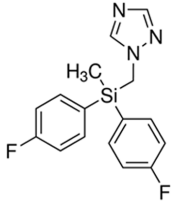
따라서 본 연구에서는 살포기별 농약 부착량과 살포물량별 농약 부착량의 비교를 통해서 농약 부착에 대한 기초자료를 확보하고 나아가 살포물량의 설정을 위한 근거자료로 활용하고자 사과원에서 스피드스프레이어, 동력분무기, 배부식 동력분무기를 이용하여 농약을 살포하고 잔류농약 분석을 통하여 살포기별 살포물량별 농약 부착량을 비교하였다.

재료 및 방법

시험농약 및 시약

농약 표준품은 Dr. Ehrenstorfer GmbH (Augsburg, Germany)사의 fluquinconazole과 flusilazole를 구입하여 사용하였고, 순도는 각각 98.5%, 98%였다(Table 1). 살포된 농약은 fluquinconazole, flusilazole 유효성분 함량이 각각 7%, 1.5%인 액상수화제(팜농, 싱그롱)을 사용하였다. 표준품을 acetonitrile 녹여 1,000 mg/L stock solution을 조제하였고 -20°C 냉동 보관한 후 필요에 따라 working solution으로 희석 하여 사용하였다. 분석에 이용한 acetonitrile은 Merck사(Merck KGaA, Germany)의 HPLC grade로 구입하

Table 1. Chemical structures and physico-chemical properties of pesticides

| Common name | Chemical structure and properties |
|-----------------|---|
| Fluquinconazole |  <ul style="list-style-type: none"> · Class : Triazole · Molecular weight : 376.2 · Melting point : 191.9°C · Water solubility : 1.15 mg/L (pH 6.6, 20°C) · Form : white, crystalline powder · KowLogP : 3.24 (pH 5.6, 20°C) |
| Flusilazole |  <ul style="list-style-type: none"> · Class : Triazole · Molecular weight : 315.4 · Melting point : 53°C · Water solubility : 45 mg/L (pH 7.8, 20°C) · Form : white, crystalline powder · KowLogP : 3.74 (pH 7, 25°C) |

여 사용하였으며 용매에 첨가한 formic acid (>98% purity)는 Sigma aldrich (St. Louis, USA)에서 구입하였다. QuEChERS 전처리를 위한 시약 QuEChERS extraction packet (AOAC Method)와 dispersive SPE 2 mL는 Agilent Technologies에서 구입하여 사용하였다.

시험포장

약제 살포를 위한 시험포장은 전라북도 장수군에 위치한 농업기술센터 내에 있는 사과원을 이용 하였으며 2014년 10월 14일부터 2014년 10월 15일 이틀간 포장시험을 진행 하였으며 10월 14일은 포장 구획 설정 및 살포기별, 살포물량별 살포 테스트를 하였고, 10월 15일에 살포기별 및 살포물량별 시험을 실시하였다. 사과 품종은 후지를 사용하였고 사과원의 재배 형태는 저수고 밀식재배였으며 처리구는 재식거리 2 m, 열간거리 4 m 였다. 처리구 사이는 최소 12 m 이상의 완충구를 두었으며 사과나무 canopy width는 2.3±0.2 m, canopy height는 3.5±0.3 m 였다.

농약 살포물량

스피드스프레이어의 살포물량을 Table 2에 나타내었다. Lee 등(2007)은 스피드스프레이어 사용자의 85%가 200 L~500 L 범위에서 살포한다고 보고하였다. 이는 본 시험에서 선정한 저, 중, 고 물량과 비슷한 수준으로 이는 농가의



Fig. 1. Spray of speed sprayer (A), power sprayer (B) and knapsack motorized sprayer (C) in apple orchard.

Table 2. Sprayers and spray volumes used at the study

| Sprayer | Model | Pressure (MPa) | Spray volume (L/10a) |
|------------------|--------------|----------------|----------------------|
| Speed sprayer | ATOMIII-1000 | 1.5 | 560 |
| | | | 336 |
| | | | 230 |
| Power sprayer | Byumyang 80A | 1.2 | 360 |
| Knapsack sprayer | MS073H-20-A | 2.0 | 313 |

현실을 반영 하였다고 볼 수 있다. 또한 Jang 등(2015)은 거창지역 사과원의 농약사용 실태 분석 시에 스피드스프레이어 사용 농가의 농약 살포물량이 10a당 344 ± 34.5 L라고 하였으며 이는 본 시험에서의 중간물량에 해당하므로 농가 현실을 반영한 물량이라고 판단된다. 동력분무기와 배부식 동력분무기의 살포물량은 스피드스프레이어의 중간물량 수준으로 선정하여 살포기별 농약 잔류량 비교에 이용하였다.

살포기별 농약 살포 방법

농약은 플루킨코나졸 · 플루실라졸 액상수화제(fluquinconazole 7%, flusilazole 1.5%, SC)을 사용하였다. 살포액은 1000배 희석용액이 되도록 조제하였으며 모든 살포기에서 동일한 희석용액을 살포물량만 달리하여 살포하였다. 살포물량은 고물량부터 저물량까지 560 L/10a, 336 L/10a, 230 L/10a으로 살포량을 설정하여 시험하였다. 살포기별 농약 잔류량 비교를 위해 사용된 살포기는 스피드스프레이어(한성티앤아이, ATOMIII-1000), 동력분무기(범양, 80A), 배부식 동력분무기(Maruyama, MS073H-20-A)였으며, 스피드스프레이어의 경우 직경 1.0 mm와 1.2 mm 노즐 각각 12개씩 사용하였고, 동력분무기는 Yamaha 대포 노즐을 사용하였으며, 배부식 동력분무기는 Yamaha C-35 선형 노즐을 사용하여 살포하였다. 각각의 시험구는 3반복 시험을 실시하였다(Fig. 1). 살포기의 경우 최대한 동일 물량을 살포 할 수 있도록 압력을 맞추어 약제를 살포하였다.

살포물량별 농약 부착량을 비교하기위해 사과원에서 가장 많이 사용되는 살포기인 스피드스프레이어(Lee et al., 2007)를 이용하여 살포물량을 고, 중, 저 세단계로 나누어 살포하였으며 물량별 각각의 시험구는 3반복 시험을 실시하였다.

스피드스프레이어의 물량은 이동속도 변화를 통해 조절 하였으며 고물량부터 저물량까지 저속1단(1.1 km/h), 저속2단(1.9 km/h), 저속3단(2.9 km/h) 세 단계 조건으로 살포하였다.

시료채취 및 전처리

약제 살포 후 3-4시간 뒤 약제가 다 마른 다음 나무를 중 방향 상, 중, 하로 나누어 사과의 경우는 각 1 kg, 사과잎의 경우는 각 500 g씩 채취하였다. 사과시료는 꼭지 부분 제거 후 4등분을 하여 씨를 제거한 뒤 한 조각만 사용하여 균질화 하였으며, 사과잎의 경우는 냉동 후 드라이아이스를 처리하여 균질화한 후 이용하였다. 사과, 사과잎 모두 polyethylene bag에 밀봉하여 -20°C에서 보관하여 잔류분석에 사용하였다.

잔류농약 분석

Fluquinconazol (98.5%) 및 flusilazole (98%)를 acetonitrile 20 mL에 각각 20.3 mg, 20.41 mg씩 녹여 1000 mg/L stock solution를 만든 후, 이를 순차적으로 희석하여 0.01, 0.025, 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2.5 mg/L 표준 검량선을 위한 matrix matched standard를 조제하였다. 사과의 경우 균질화한 15 g 시료에 acetonitrile 15 mL을 가했으며 사과잎의 경우 7.5 g의 시료에 7.5 mL의 물을 첨가 한 후 15 mL의 acetonitrile를 넣어주었다. 그 후 진탕기를 사용하여 250 rpm에서 30분 진탕 하였고 QuEChERS extraction kit (4 g magnesium sulfate, 1 g sodium chloride, 1 g sodium citrate, 0.5 g disodium citrate sesquihydrate)를 넣어 1분간 손으로 흔들어 주었다. 원심분리기를 이용하여 3500 rpm에서 3분 동안 층 분리를 한 뒤 상징액 1 mL를 취해 QuEChERS dispersive kit (150 mg MgSO₄, 50 mg PSA, 50 mg C18)에 옮겨 30초간 vortexing를 한 후 12000 rpm에서 3분동안 원심분리를 하였다. QuEChERS dispersive kit에서 상징액을 취한 후 LC/MS/MS를 이용하여 분석하였다. 기기분석은 AB SCIEX사의 3200 Q TRAP® (Applied Biosystems, USA) LC/MS/MS를 사용하였다. 이동상은 0.1% formic acid가 포함되어 있는 acetonitrile과 distilled water를 이용하였으며 positive mode에서 분석하였다. 분석의 선택성을 높이기 위하여 MRM mode를 사용하였고 데이터 처리는 Analyst 1.6.2 프로그램을 사용하였다. 데이터 통계 분석의 경우는 R 3.1.1 프로그

Table 3. LC-MS/MS conditions for the analysis of fluquinconazole and flusilazole

| | | | |
|------------------|---|------------------------|--------------|
| Instrument | Agilent 1200 HPLC with AB Sciex 3200 Q TRAP | | |
| Column | Phenomenex prodigy 100 × 2 mm I.d. 3 μm | | |
| Mobile phase | A : 0.1% Formic acid in water B : 0.1% Formic acid in acetonitrile | | |
| Gradient table | Time (min) | A (%) | B (%) |
| | 0 | 40 | 60 |
| | 15 | 40 | 60 |
| MRM Pair | Pesticide | Q1 | Q3 |
| | Fluquinconazole | 376.03 | 307.2, 287.1 |
| | Flusilazole | 316.10 | 247.3, 165.2 |
| Flow rate | 0.25 ml/min | Ionspray voltage | 5,500V |
| column temp. | 25°C | nebulizer gas pressure | 60 psi |
| Injection volume | 5 μl | drying gas pressure | 55 psi |
| Ionization mode | ESI Positive | drying gas temp | 550°C |
| Scan type | MRM | Run time | 15 min |

램을 이용하였으며 Tukey의 HSD 검정을 이용하여 통계 분석을 하였다. 기기분석 조건은 Table 3과 같았다. Fluquinconazole, Flusilazole 각각의 matrix matched standard을 이용하여 LC/MS/MS 중 최소검출량(Minimum Detectable Amount, MDA)을 확인하였고 이를 통해 아래식에 따라 검출한계(Limit of Detection, LOD)를 산출하였다.

$$\text{LOD (mg/kg)} = [\text{MDA (ug)} / \text{시료 주입량 (uL)}] \times [\text{최종 시료액의 부피(mL)} / \text{사과 시료량 (g)}]$$

결과 및 고찰

잔류농약 분석 시험법 검증

시험 농약의 잔류분석을 위해 LC/MS/MS를 이용하여 fluquinconazole과 flusilazole 각각의 matrix matched standard 표준 검량선을 확인 한 결과 사과와 사과잎 모두에서 상관 계수(R²)가 0.999 이상의 양호한 직선성을 보였다. 최소검출량(Minimum Detectable Amount, MDA)은 사과와 사과잎 모두 0.025 ng이었고, 이를 바탕으로 시료량의 분취량, 희석 배수를 고려한 검출한계(Limit of Detection)는 사과의 경우 0.005 mg/kg, 사과잎의 경우 0.01 mg/kg으로 적합한 분석임을 알 수 있었다. 잔류분석 시험법 검증을 위하여 실제 포장 시험 시료의 분석치와 비슷한 수준이 되도록 사과잎의 경우 1, 5 mg/kg, 사과의 경우 0.1, 0.025 mg/kg의 첨가농도 수준이 되도록 농약을 처리하여 실시하였고, 또한 검출한계의 10배 및 50배의 농도 수준으로 분석법 검증을 실시한 바, 사과잎의 회수율은 90.1~102.9%이고, 사과는 94.4~99.4%으로 분석법의 적합성이 검증되었다(Table 4-5).

Table 4. Recoveries and RSDs of fluquinconazole and flusilazole in apple leaves

| Pesticide | Fortification level (mg/kg) | Recovery (%) ± SD | MDA ^{a)} (ng) | LOD (mg/kg) |
|-----------------|-----------------------------|-------------------|------------------------|-------------|
| Fluquinconazole | 0.1 | 101.5 ± 2.1 | 0.025 | 0.01 |
| | 0.5 | 100.4 ± 1.8 | | |
| | 1.0 | 99.4 ± 0.7 | | |
| | 5.0 | 94.4 ± 1.0 | | |
| Flusilazole | 0.1 | 99.8 ± 1.5 | 0.025 | 0.01 |
| | 0.5 | 99.1 ± 0.6 | | |
| | 1.0 | 99.3 ± 1.6 | | |
| | 5.0 | 98.3 ± 0.3 | | |

^{a)}Minimum detectable amount.

Table 5. Recoveries and RSDs of fluquinconazole and flusilazole in apple

| Pesticide | Fortification level (mg/kg) | Recovery (%) ± SD | MDA (ng) | LOD (mg/kg) |
|-----------------|-----------------------------|-------------------|----------|-------------|
| Fluquinconazole | 0.025 | 90.1 ± 5.1 | 0.025 | 0.005 |
| | 0.05 | 95.2 ± 3.1 | | |
| | 0.1 | 102.9 ± 1.5 | | |
| | 0.25 | 100.3 ± 2.1 | | |
| Flusilazole | 0.025 | 96.9 ± 2.7 | 0.025 | 0.005 |
| | 0.05 | 97.5 ± 2.5 | | |
| | 0.1 | 101.0 ± 1.9 | | |
| | 0.25 | 100.6 ± 3.1 | | |

살포기별 농약 잔류량 비교

살포기별 부착효율을 확인하기 위한 시험이므로 살포 후 약액이 마른 즉시 채취하여 잔류량을 분석한 결과, 사과잎

Table 6. Residues of fluquinconazole and flusilazole in apple leaves applied by different sprayers

| Pesticide | Sprayer | Residues (mg/kg) ± SD | CV (%) |
|-----------------|----------------------------|----------------------------|--------|
| Fluquinconazole | Speed sprayer | 8.33 ± 1.02a ^{a)} | 12.2 |
| | Power sprayer | 4.55 ± 0.78b ^{b)} | 17.1 |
| | Knapsack motorized sprayer | 4.56 ± 0.36b | 7.9 |
| Flusilazole | Speed sprayer | 2.15 ± 0.27a | 12.5 |
| | Power sprayer | 1.10 ± 0.20b | 18.2 |
| | Knapsack motorized sprayer | 1.12 ± 0.03b | 2.7 |

^{a)}The means in the same column followed by the same letters were not significantly different, according to Turkey HSD test ($p < 0.05$).

^{b)}This data shows a noticeable difference with a.

Table 7. Residues of fluquinconazole and flusilazole in apples applied by different sprayers

| Pesticide | Sprayer | Residues (mg/kg) ± SD | CV (%) |
|-----------------|----------------------------|------------------------------|--------|
| Fluquinconazole | Speed sprayer | 0.06 ± 0.006a | 10 |
| | Power sprayer | 0.04 ± 0.005b | 12.5 |
| | Knapsack motorized sprayer | 0.05 ± 0.004ab ^{a)} | 8 |
| Flusilazole | Speed sprayer | 0.02 ± 0.003a | 15 |
| | Power sprayer | 0.01 ± 0.002ab | 20 |
| | Knapsack motorized sprayer | 0.01 ± 0.001b | 10 |

^{a)}This data doesn't shows a noticeable difference with a and b.

의 경우 fluquinconazole은 스피드스프레이어에서 8.33 mg/kg 배부식 동력분무기와 동력분무기에서 각각 4.56 mg/kg, 4.55 mg/kg이고, flusilazole의 경우 스피드스프레이어 2.15 mg/kg, 배부식 동력분무기 1.12 mg/kg, 동력분무기 1.10 mg/kg로 나타났다(Table 6). Fluquinconazole의 잔류량이 flusilazole의 잔류량보다 4배 정도 높은 것을 볼 수 있는데 이는 약제의 fluquinconazole의 함량이 flusilazole의 함량보다 4배 정도 높기 때문인 것으로 판단된다. HSD 검정을 통하여 살포기별 유의성을 살펴본 결과 fluquinconazole, flusilazole 모두에서 동력분무기와 배부식 동력분무기 두 살포기의 경우 유의적 차이가 없었으나 두 살포기와 스피드스프레이어를 비교해 보았을 때 스피드스프레이어의 잔류량이 유의적으로 큰 것을 볼 수 있었다. 이는 스피드스프레이어의 부착량이 나머지 살포기에 비해 상대적으로 높은 것으로 판단된다. 사과와 같은 경우에는 fluquinconazole 잔류량은 스피드스프레이어 0.06 mg/kg, 동력분무기 0.04 mg/kg, 배부식 동력분무기 0.05 mg/kg이고, flusilazole은 스피드스프레이어 0.02 mg/kg, 동력분무기 0.01 mg/kg, 배부식 동력분무기 0.01 mg/kg로 보여졌다(Table 7). 사과 또한 HSD 검정을 통하여 유의성을 살펴본 결과 fluquinconazole, flusilazole 모두에서 스피드스프레이어와 동력분무기의 경우 유의적 차이를 보였지만 배부식 동력분무기의 경우에는 두 살포기와 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다. 스피드스프레이어의 경우 후면에 air-fan이 존재하여 노즐에서 약액 살포시 입자들을 비산시켜 이동, 부착시키는 air-assisted spray 방식이다. Hislop 등(1995)은 air-fan의 영향을 알아보기 위하여 air-

assistance의 정도를 아예 사용하지 않은 상태, 중간 그리고 최고로 사용한 상태 이렇게 세 가지로 나누어 부착량을 살펴본 결과 air-assistance의 영향이 커지면 커질수록 부착량이 많아진다고 나타났다. 이는 air-assistance가 클수록 더 많은 입자들이 부착 된다고 판단 할 수 있고 이는 바람에 의해 잎의 뒷면까지 부착되어 부착량이 늘어나는 것으로 예상해 볼 수 있다. 따라서 스피드스프레이어의 부착량이 다른 살포기에 비해 높은 것은 스피드스프레이어의 air-fan에 의해서 부착효율이 높아진다고 판단된다. 사과와 같은 경우에는 스피드스프레이어가 나머지 살포기에 비해서 유의적으로 부착량이 많으나 농도가 너무 낮아 특이적으로 스피드스프레이어가 더 효율적으로 부착되었다고 볼 수 없다.

스피드스프레이어 살포물량별 농약 잔류량 비교

스피드스프레이어를 이용한 살포물량별 잔류량 비교 결과, 사과잎의 경우 fluquinconazole은 고물량에서 10.76 mg/kg, 중물량 8.32 mg/kg, 저물량 6.04 mg/kg이고, flusilazole의 경우에는 고물량 3.04 mg/kg, 중물량 2.14 mg/kg, 저물량 1.47 mg/kg로 나타났다. HSD 검정을 통하여 살포물량별 유의성을 살펴본 결과 fluquinconazole, flusilazole 모두에서 각각의 물량 별로 유의적 차이를 볼 수 있었으며, 물량을 클수록 부착량이 많아지는 것을 확인 할 수 있었다. 사과에서는 fluquinconazole의 고물량은 0.07 mg/kg, 중물량 0.06 mg/kg, 저물량 0.05 mg/kg이고, flusilazole의 경우 고물량은 0.02 mg/kg, 중물량 0.02 mg/kg, 저물량 0.01 mg/kg로 나타났다. 사과 역시 fluquinconazole과 flusilazole의 고물량과

Table 8. Residues of fluquinconazole and flusilazole in apple leaves applied by different spray volume

| Pesticide | Spray volume (L/10a) | Residues (mg/kg) ± SD | CV (%) |
|-----------------|----------------------|----------------------------|--------|
| Fluquinconazole | 560 | 10.76 ± 0.77a | 7.1 |
| | 336 | 8.32 ± 1.01b | 12.1 |
| | 230 | 6.04 ± 0.16c ^{a)} | 2.6 |
| Flusilazole | 560 | 3.04 ± 0.15a | 4.9 |
| | 336 | 2.14 ± 0.27b | 12.6 |
| | 230 | 1.47 ± 0.06c | 4.1 |

^{a)}This data shows a noticeable difference with a and b.

Table 9. Residues of fluquinconazole and flusilazole in apple applied by different spray volume

| Pesticide | Spray volume (L/10a) | Residues (mg/kg) ± SD | CV (%) |
|-----------------|----------------------|-----------------------|--------|
| Fluquinconazole | 560 | 0.07 ± 0.000a | - |
| | 336 | 0.06 ± 0.003a | 5 |
| | 230 | 0.05 ± 0.006b | 12 |
| Flusilazole | 560 | 0.02 ± 0.002a | 10 |
| | 336 | 0.02 ± 0.001a | 5 |
| | 230 | 0.01 ± 0.003b | 30 |

중물량은 유의적 차이를 보이지 않았지만 저물량은 나머지 두 가지 물량과 유의적인 차이를 볼 수 있었다. Son 등 (2012)은 약제 살포량과 부착량과의 관계는 살포액의 성질, 농도, 살포방법, 작물의 종류 등에 따라 상이하어나 일반적으로 어느 한계 이하에서는 살포량과 부착량은 비례하나 그 이상에서는 살포량이 증가하여도 부착량은 증가하지 않는다고 하였다. 살포물량별 부착량이 사과잎의 경우는 살포물량이 증가 할수록 비례하는 경향을 보였으나 사과의 경우는 살포물량이 증가할수록 부착량의 증가폭이 점점 줄어드는 것을 볼 수 있었다. 이는 많은 약액을 살포하여도 소실되거나 비산되는 물량이 있어 적정수준의 살포물량 설정이 필요한 것으로 보인다. 본 연구에서 설정한 살포 물량에서 중물량의 부착량과 고물량의 부착량의 차이가 크지 않으므로 고물량 살포 대신 중물량으로 살포를 하여도 무리가 없음을 판단 할 수 있다. 본 연구결과는 현재 과수에 대한 살포물량이 명확하지 않아 비효율적인 살포가 이루어 지고 있어 살포물량 기준설정이 필요함을 나타내고 있으며 본 연구의 결과를 기초로 하여 다양한 요인을 고려한 시험이 진행되어야 될 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업 (과제번호 : PJ010043)의 지원에 의해 수행되었습니다.

Literature Cited

- Cho, M. R., H. Y. Jeon and S. Y. Na (2000) Occurrence of *Frankliniella occidentalis* and *Tereanychus urticae* in rose greenhouse and effectiveness of different control methods. *J. Bio-Environ. Control.* 9:179-184.
- Han, Y. H. (2013) Feasibility study for low volume spray in apple orchard. Determination of Agricultural Chemistry, Graduate School, Chungnam National University Daejeon, Korea.
- Han, G. T. (2013) Investigation of Deposition and Biological Half-Life of some Pesticide in Peach during Cultivation. Determination of Agricultural Chemistry, Graduate School, Chungnam National University Daejeon, Korea.
- Hislop, E. C., N. M. Western and R. Butler (1995) Experimental air-assisted spraying of a maturing cereal crop under controlled condition. *Crop. Prot.* 14:19-26.
- Jeon, H. W., S. M. Hong, J. W. Hyun, R. Y. Hwang, H. Y. Kwon, T. K. Kim and N. J. Cho (2016) Deposit Amounts of Dithianone on Citrus leaves by Different Spray Methods. *Kor. J. Pestic. Sci.* 20(1):1-6.
- Jang, I., H. M. Kim, S. W. Lee, K. H. Choi and S. J. Suh (2015) Analysis of Pesticide Application on Apple Orchards in Geochang, *Kor. J. Pestic. Sci.* 19(2):93-100.
- Kang, T. K., D. H. Lee, C. S. Lee, S. C. Kim, S. Y. N. (2003) Depositional Characteristics of DC Electrostatics Spraying for Agricultural Chemicals, *The Institute for Liquid Atomization and Spray Systems - Korea*, 68-75.
- Koo, Y. M. (2007) Spray deposit distribution of a small orchard sprayer. *J. Biosyst. Eng.* 32(3):145-152.
- Lee, S. W., D. H. Lee, K. H. Choi and D. A. Kim (2007) A report on current management of major apple pests based on census data from farmers. *Korean. J. Hortic Sci.* 25(3): 196-203.
- MacNichol, A. Z., M. E. Teske and J. W. Barry (1997) A technique to characterize spray deposit in orchard and tree canopies. *T. Asae.* 37(4):1083-1089.
- Poulsen Mette E., Marcel Wenneker, Jacques Withagen, Hanne B. Christensen (2012) Pesticide residue in individual versus composite samples of apples after fine or coarse spray quality application. *Crop. Prot.* 35:5-14.
- Rural Development Administration (2011) Safe use of pesticide for agricultural production safety.
- Son, K. A., T. K. Kang, B. J. Park, Y. D. Jin, G. H. Gil, C. S. Kim, J. B. Kim, G. J. Im and K. W. Lee (2012) Pesticide Residues on Perilla Leaf by Nozzle Types of Knapsack Sprayers. *Kor. J. Pestic. Sci.* 16(4):282-287.
- Zhu, H., R. C. Derksen, H. Guler, C. R. Krause and H. E. Ozkan (2006). Foliar deposition and off-target loss with different spray techniques in nursery application. *T. Asae.* 49(2):325-334.

살포기 종류별 살포물량별 사과 중 농약 잔류량의 비교

문성환 · 권혜영* · 홍수명 · 김상수 · 손경애 · 임치환¹*

농촌진흥청 국립농업과학원 화학물질안전과, ¹충남대학교 생물환경화학과

요 약 스피드스프레이어, 동력분무기, 배부식 동력분무기를 이용하여 사과원에서 fluquinconazole flusilazole 수화제를 동일한 물량으로 살포하고 잔류농약을 분석하여 살포기별 부착량을 비교하였으며 스피드스프레이어의 경우 살포물량을 고물량, 중물량, 저물량 처리를 두어 비교하였다. 살포기별 사과잎의 부착량은 두 농약 모두 스피드스프레이어의 부착량이 동력분무기와 배부식 동력분무기에 비해 유의적으로 많았다(fluquinconazole: 스피드스프레이어 8.33 mg/kg, 동력분무기 4.56 mg/kg, 배부식 동력분무기 4.55 mg/kg; flusilazole: 스피드스프레이어 2.15 mg/kg, 동력분무기 1.10 mg/kg, 배부식 동력분무기 1.12 mg/kg). 스피드스프레이어의 살포물량별 사과잎의 농약 부착량은 물량이 클수록 부착량이 많았으며 물량별로 유의적 차이를 보였다(fluquinconazole: 고물량 10.76 mg/kg, 중물량 8.32 mg/kg, 저물량 6.04 mg/kg; flusilazole: 고물량 3.04 mg/kg, 중물량 2.14 mg/kg, 저물량 1.47 mg/kg). 이러한 결과는 농약의 살포기별 살포물량별 농약 부착 특성에 대한 기초자료로써 농약품목등록을 위한 시험의 기준 설정 및 자료 평가에 활용이 가능하며 나아가 과수의 살포물량 설정을 위한 근거자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

색인어 농약, 살포기, 살포물량, 부착량