

살포 시스템에 의한 살균제 Dithianon의 감귤 잎 부착량 및 농작업자 노출량 비교

김민석 · 홍수명* · 현재욱¹ · 황록연¹ · 권혜영 · 이호섭 · 문병철

농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부 화학물질안전과, ¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 감귤연구소

Comparison of Citrus Leaves Adhesion and Operator Exposure of Fungicide Dithianon by Different Spraying System

Min-Seok Kim, Su-Myeong Hong*, Jae-Wook Hyun¹, Rok-Yeon Hwang¹, Hye-Young Kwon, Hyo-Sub Lee and Byeong-Chul Moon

Department of Agro-food Safety, National Institute of Agriculture Science, Rural Development Administration, Wanju, 55365, Korea

¹Citrus Research Institute, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Seogwipo 63607, Korea

(Received on May 2, 2017. Revised on June 6, 2017. Accepted on June 14, 2017)

Abstract Recently, orchard control is equipped with automated facilities in order to labor-saving and control diseases caused by insects and pests. However, citrus orchards are small citrus trees and high in planting density. Therefore, the automated facilities suitable for citrus orchards are needed because the automated facilities used in other orchards are not suitable. The purpose of this study is to determine the applicability of miniaturized speed spray compared to engine type spray used in citrus orchards. This experiment sprayed dithianon with engine type spray, speed spray and compared the amount of adhesion by a spray system using citrus leaves and water sensitive paper. The operator protective clothing was used to determine the operator exposure. The adhesion of citrus leaves was 2.13 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ for engine type spray, 2.59 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ for speed spray. The operator exposure was 0.38 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ for speed spray and 2.10 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ for engine type spray. In the citrus plant, spraying a speed spray showed a higher deposition amount than that of the engine type spray. The exposure of the speed spray was lower than that of the engine type spray.

Key words dithianon, spray system, citrus leaf, deposit amount, operator exposure

서 론

농약은 농작물의 병충해를 예방 또는 관리하기 위해 오래 전부터 사용되어 왔다(Choi et al., 2013). 또한, 인구의 증가에 따른 생산성 측면의 양적 증대와 경제적 성장으로 인한 소비자의 질적으로 우수한 농산물의 요구에 따른 품질 향상을 충족시키기 위해 현대의 농업에서 중요한 농업자재이다. 현대 농업에서 농약의 역할은 지속적으로 발전하고, 작물 보호 및 환경에 중요한 역할을 하고 있다(Jung et al., 2013).

농약이 병충해로부터 충분한 방제효과를 얻기 위해서는 목표하는 병원균 및 해충에 선택적이며 유효성분과 농도가 충분해야 하고, 적절한 시기에 목표하는 지점에 균일하게 부착되도록 하는 것이 매우 중요하다(Han, 2013). 살포된 농약이 작물에 부착되는 정도는 병충해의 방제효과 뿐만 아니라 작물의 잔류성에도 영향을 미친다(Son, 2013). 따라서 농약이 작물에 부착되는 과정은 매우 중요하다. 농약이 작물에 부착되는 정도는 작물의 종류 및 표면특성, 재배형태 및 재배방식, 살포농약의 이화학적 특성, 제형, 살포방법에 따라 부착량이 결정된다(Poulsen et al., 2012) 농약이 적절한 시기에 균일하게 부착되기 위해서는 살포기의 형태 및 구조와 같은 기계적인 특성과 노즐의 형태 및 종류와 같은 미세

*Corresponding author
E-mail: wideyun@korea.kr

조절 특성이 중요한 요인으로 작용한다(Han, 2013). 이러한 미세조절 특성은 살포기에 따라서 달라지는데 이러한 살포 기술에 의해 개체 간 또는 집단적으로 변이를 나타낸다(Poulsen et al., 2012). 오늘날 과수원의 방제의 경우 일반적으로 공기운반 방제기로 불리는 ‘스피드 스프레이어’가 많이 사용되어 왔으며(Koo, 2007), 병해충의 생력방제를 위해 농약의 관주처리 외에도 레일식 무인방제기, 고농도 소량살포 연무기, 인력 수레식 방제기 등 다양한 방제기기를 사용하고 있다(Son, 2012). 방제기가 개발되면서 방제작업이 손쉽게 되었으나 농약을 필요량보다 적게 뿌릴 경우 병해충을 충분히 방제 할 수 없고, 많이 뿌릴 경우 비용과 환경오염을 증가시키는 문제점이 생긴다. 현재 사용되고 있는 방제기로 농약을 살포할 경우 살포된 농약의 20% 이하만이 작물에 부착되고, 65%는 지면으로, 15% 이상은 다른 곳으로 휘산되어 80% 이상의 농약이 낭비되고 환경오염원이 되는 것으로 보고되었다(MAFRA, 2002). 또한, 농약의 사용량이 증가하면서 환경오염 외에도 농작업자에 대한 농약의 직간접적으로 노출될 가능성이 높아지고 있다. 농약노출이란 농작업자의 신체(입, 코, 피부)를 통한 농약과의 접촉을 말하며, 농작업자는 영농활동 중 농약의 조제, 살포, 사용 후 포장 채출입, 농작물의 수확 작업과 같은 다양한 노출상황(Exposure scenario)에서 농약에 노출되며(Ramwell, 2006), 이때 중요한 노출경로(Exposure route)로는 피부노출과 흡입노출이다(Fenske et al., 2005). 이러한 노출경로를 통한 농약의 접촉은 건강위해성을 초래할 수 있고 그 위해의 정도는 농약의 독성과 노출량에 달려있다(Turnbull, 1985). 농약의 노출량의 경우 농작업자의 작업시간, 농약과의 접촉시간, 살포기기, 제형, 제제의 포장형태, 작업환경, 보호복, 기상조건 등에 의해 영향을 받는다(Calumpang, 1996). 또한, 작물 및 살포기의 형태 따라 살포하는 방법이 달라지며, 농작업자에 노출되는 형태 또한 달라진다. Kim (2014)은 engine type spray로 포도과원에 농약을 살포했을 때 노출부위는 가슴 17.27%, 등 12.08%, 허벅지 13.73% 순으로 나타났으며, Lee (2016)은 speed spray로 사과과원에 살포했을 때 등 9.34%, 가슴 8.44% 순으로 높은 노출량을 나타냈다고 하였다. 이처럼 작물과 살포기에 따라 농작업자의 노출량은 다른 양상을 보인다.

감귤의 경우 재배 면적은 21,241 ha로 전국 재배 면적 대비 99.9%를 제주에서 차지하고 있다. 제주 감귤의 총 생산량은 약 65만여 톤으로 제주를 대표하는 중요한 과수작목이다(Jang, 2016). 감귤에는 35가지 이상의 병해가 발생하는 것으로 알려져 있고 문제가 되는 병해로는 검은점 무늬병, 더듬이벌, 궤양병 등이 보고되어졌다(Nam et al., 2009). 그러나 감귤과원 방제의 경우 감귤나무의 재식거리가 짧고 재식밀도가 높아 기존의 다른 과원에서 사용하는 대형화된 자동화설비의 적용이 불가능하다.

따라서 감귤 더듬이벌 및 흑점병 방제에 사용하는 dithianon을 이용하여 재식밀도가 좁은 감귤과원의 특성에 맞게 개발한 소형화된 speed spray의 부착량 및 살포 분포도, 농작업자 노출량을 파악하여 감귤과원에 개발된 살포기가 적용가능한지 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

시험시약 및 시험포장

실험에 사용한 약제 dithianon (99.0%) 표준품은 Dr. Ehrenstorfer GmbH (Augsburg, Germany)에서 구입하여 사용하였다(Table 1). 표준품을 1% acetic acid를 함유한 acetonitrile에 희석하여 1000 mg/kg의 stock solution을 조제하여 사용하였고 -20°C 냉동보관 후 필요에 따라 working solution으로 희석하여 사용하였다. 분석에 이용한 acetonitrile, acetic acid는 Merck사(Darmstadt, Germany)의 HPLC grade로 구입하여 사용하였으며 QuEChERS 전처리를 위한 시약 QuEChERS extraction packet (AOAC 2007.01 Method)는 Silicycle (Quebec, Canada)에서 구입하여 사용하였다.

포장시험에 사용한 약제는 dithianon 유효성분 함량이 75%인 수화제(한국삼공, 델란)를 사용하였다. 감수지는 TeeJet Technologies (Wheaton, U.S.A)사로부터 구입하였으며, filter paper는 Whatman™ (Maidstone, U.K)의 구매하여 사용하였고, 방제복은 35% polyester/65% cotton의 제품을 Uniseven (Seoul, Korea)사로부터 구매하여 사용하였다(Fig. 1).

시험장소는 제주도 서귀포시에 소재한 국립원예특작과학원 감귤연구소 감귤과원에서 수행하였으며, 각 살포시스템 별 한 반복구당 감귤과수 5주씩 3반복 처리하여 시험하였다.

Table 1. Chemical structure and physicochemical properties of dithianon

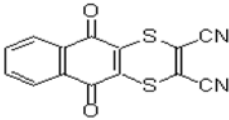
Dithianon	
Chemical structure	
Class	Quinone
IUPAC name	2,3-dicyano-1,4-dithia-anthraquinone
Molecular mass	296.3 g/mol
Vapor point	2.7×10^{-6} mPa (25°C)
LogP _{ow}	3.2
Solubility	In water 0.14 mg/l (pH 7, 20°C). In chloroform 12, acetone 10, benzene 8 (all in g/l, 20°C).



Fig. 1. Materials used in the experiment.



Fig. 2. Pesticide spraying equipments used in the experiments.

Table 2. Characteristics of the sprayer

Sprayer	Nozzle Type	Pressure (kgf/cm ²)	Nozzle Size (μm)	Flow rate (L/min)	Speed (Km/h)
Engine type sprayer	Irrigation	20	13	5.3	-
Speed Spray	1 hole 2 row (total 24)	15~20	1.0~12 1.2~12	1.6 2.2	0~6

살포 시스템

포장시험에 사용된 살포기는 두 종류이며, 일반적으로 사용되는 engine type spray를 대조군으로 speed spray를 사용하여 비교하였다(Fig. 2, Table 2). 이는 국립원예특작과학원 감귤연구소 감귤과원에서 제공해주었다.

표준검량선 작성 및 회수율시험

Dithianon standard (99.0%) 10.1 mg을 1% acetic acid를 함유한 acetonitrile 100 mL에 녹여 100 mg/kg의 stock solution을 만들고, 이것은 1% acetic acid를 함유한 acetonitrile로 희석하여 0.005, 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0 mg/kg의 working solution을 조제한 후 5 μL를 주입하여 peak 면적을 기준으로 하여 검량선을 작성하였으며 검량선을 토대로 정량 하였다. 부착량 시험의 경우 시료는 감귤 잎을 2 × 5 cm의 크기로 절제하여 이용하였다. 위 시료를 1% acetic acid를 함유한 acetonitrile 15 mL를 가한 후 30분간 진탕 · 추출하였다. 6 g magnesium sulfate anhydrous, 1.5 g sodium acetate가 함유된 QuEChERS extraction packet

Table 3. UPLC operating condition for analysis of dithianon

Instrument	Acquity®, Waters(U.S.A) UPLC
Column	Acquity UPLC®, BEH C18
Mobile Phase	Distilled water (Solvent A) Acetonitrile (Solvent B) Flow rate - 0.2 mL/min
Flow Program	0-5 min: 20% A, 0-5 min: 80% B
Column Temp	20°C
LC detector	UVD 254 nm
Injection Volume	5 μL

(AOAC 2007.01 Method)를 첨가한 후 2분간 hand shaking, 3000 rpm에서 5분간 centrifuge 하였다. 상등액 0.5 mL를 1% acetic acid를 함유한 acetonitrile 0.5 mL로 희석한 후 0.2 μm PTFE syringe filter로 여과하여 Table 3의 조건으로 UPLC로 분석하였다. 작업자의 노출량 측정에 따른 분석법은 방제복 한 면당 20 cm × 20 cm의 면적으로 4부분을 채취하여 시료로 사용하였다(Fig. 3). 이 시료에 1% acetic acid를 함유한 acetonitrile 300 mL를 가한 후 120분간 진탕 · 추



a) Protective clothing size = 20 cm x 20 cm

Fig. 3. Protective clothing for dermal exposure analysis and its size.

Table 4. Recovery and Limits of quantitation of treated pesticide

Part	Fortification (mg/kg)	Recovery ± CV ^{a)} (%)	LOQ ^{b)} (mg/kg)
Leaf	0.2	90.7 ± 2.9	0.02
	1.0	116.8 ± 3.9	
Protective Clothing	0.2	110.8 ± 3.7	0.02
	1.0	108.4 ± 4.6	

^{a)} CV = Coefficient of variation

^{b)} LOQ = Limit of quantitation

출하였다. 상등액 1 mL를 0.2 µm PTFE syringe filter로 여과하여 Table 3의 조건으로 UPLC-UVD (Milford, U.S.A)로 분석하였으며, 모든 분석은 3반복 하였다.

결과 및 고찰

분석법의 회수율 및 검출한계

시험 농약의 잔류분석을 위해 UPLC-UVD를 이용하여 dithianon의 표준검량선을 확인한 결과 결정계수는 $r^2 = 0.999$ 으로 높은 직선성을 나타내었다. 정량한계(Limit of quantitation, LOQ)는 0.02 mg/kg이었으며, 분석법 검증을 위해 무처리 감귤 잎과 방제복에 0.2, 1.0 mg/kg 수준으로 잔류하게 dithianon 표준용액을 추가한 후 3회의 분석과정을 행하여 회수율 시험 결과 감귤 잎의 경우 90.7 ± 2.9 과 116.8 ± 3.9 로 작업복의 경우 110.8 ± 3.7 , 108.4 ± 4.6 으로 회수율 허용범위(70~120%) 이내의 회수율을 보였고, 변이계수(Coefficient of variation, CV) 10% 이내의 수준을 만족하였다(Table 4).

살포시스템별 부착량 비교

살포시스템별 부착량을 비교하기 위해 감귤잎의 면적당 유효성분(Active ingredient)의 함량으로 비교분석 하였다. 약제 살포 후 약액이 마른 즉시 채취하여 부착량을 분석한 결과 engine type spray의 경우 감귤나무 상부에서 2.82 µg/cm²

Table 5. The amounts of active ingredients of dithianon according to the height of citrus leaves

	High	Middle	Bottom	Average ± CV ^{a)} (%)
Sprayer				(µg/cm ²)
Engine type sprayer	2.82	1.52	2.06	2.13 ± 30.61
Speed spray	2.39	3.42	1.96	2.59 ± 28.97

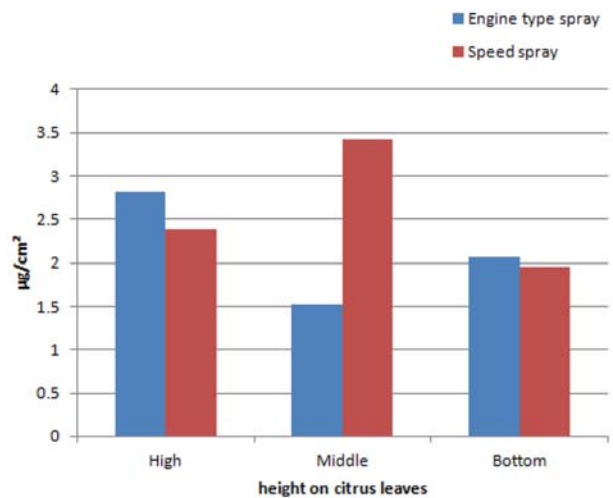


Fig. 4. Spray deposit by height on citrus leaves.

cm², 중앙부에서 1.52 µg/cm², 하부에서 2.06 µg/cm²로 나타났다. Speed spray의 경우 상부에서 2.39 µg/cm², 중앙부에서 3.42 µg/cm², 하부에서 1.96 µg/cm²로 나타났다(Table 5, Fig. 4). Engine type spray와 speed spray의 부착량을 비교해 봤을 때 speed spray가 상대적으로 engine type spray에 비해 높은 부착량을 보인 것으로 나타났다. Han (2013)은 사과나무 부위별 부착량 연구결과에서 살포물량을 다르게 처리하더라도 약액이 윗부분에 도달하기 어렵기 때문에 윗부분에서 가장 적게 부착된다는 연구 결과를 보고 하였는데, 이 실험의 경우 윗부분과 중간부분에서 가장 높은 부착량을 보였다. 이런 현상은 나무의 크기가 5-10 m 크기의 사과나

Table 6. Spray deposit amounts of front and rear attached filter papers by height on citrus leaves ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)

Sprayer	High front	High rear	Middle front	Middle rear	Bottom front	Bottom rear
Engine type spray	0.10	0.04	0.23	0.05	0.09	0.23
Speed spray	0.22	0.19	0.34	0.36	0.21	0.07

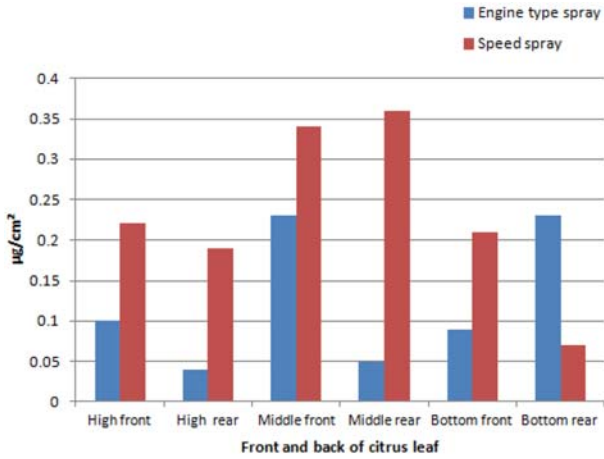


Fig. 5. Spray deposit of front and rear attached filter papers by height on citrus leaves.

무에 비해 감귤나무가 3-5 m로 더 작기 때문에 가장 윗부분에도 약액이 잘 도달한 것으로 판단된다.

Filter paper 및 감수지를 이용한 부착량 비교

살포 시스템별 약제의 분포도를 비교하기 위해 filter paper 및 감수지를 이용하여 비교하였다. filter paper와 감수지의 경우 약제 살포전 감귤 잎의 앞뒷면에 부착하여 실험하였으며, filter paper의 경우 dithianon의 유효성분, 감수지의 경우 dithianon의 약제 분포도를 파악하였다. Engine type spray의 경우 중간부분과 아랫부분 앞면에서 가장 높은 부착량을 보였고, speed spray의 경우 아랫부분 앞면에 가장 높은 부착량을 나타냈다(Table 6). 살포 시스템별 감귤 잎의 앞뒷면의 부착량을 보았을 때 대부분 앞면의 부착량이 뒷면의 부착량 보다 높았다. Sanchez-Hermosilla et al. (2012)은 토마토 하우스에서 분무기 노즐과 가까운 외부의 부착량이 더 많으며 내부의 부착량은 외부의 34.9~46% 라고 보고하였는데 이 경우 실제로 약액이 직접 부착하기 어려운 감귤 잎 뒷면보다 직접 부착하는 앞면이 더 높은 부착량을 보인 것으로 판단된다. Speed spray의 경우 engine type spray보다 뒷면에 부착량이 높았다. 그 원인은 speed spray의 경우 air-fan이 존재하여 노즐에서 약액 살포시 입자들을 비산시켜 이동, 부착시키는 air-assisted spray 방식이다. Hislop et al. (1995)은 air-fan의 영향을 알아보기 위하여 air-assistance의 정도를 아예 사용하지 않은 상태, 중간 그리고 최대로 사용한 상태 이렇게 세 가지로 나누어 부착량을 살펴본 결과 air-assistance의 영향이 커지면 커질수록 부착량이 많아진다

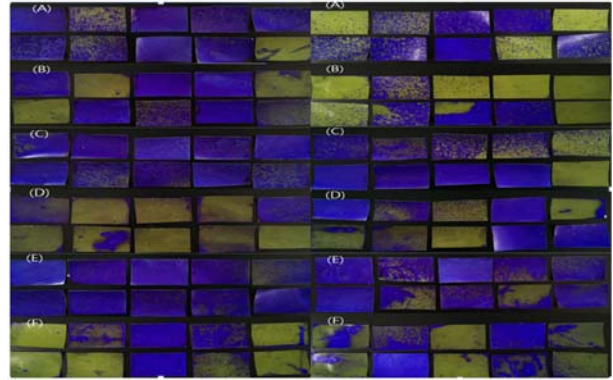


Fig. 6. The shape of water sensitive paper per height by pesticide spraying equipments (A: high front, B: high rear, C: middle front, D: middle rear, E: bottom front, F: bottom rear).

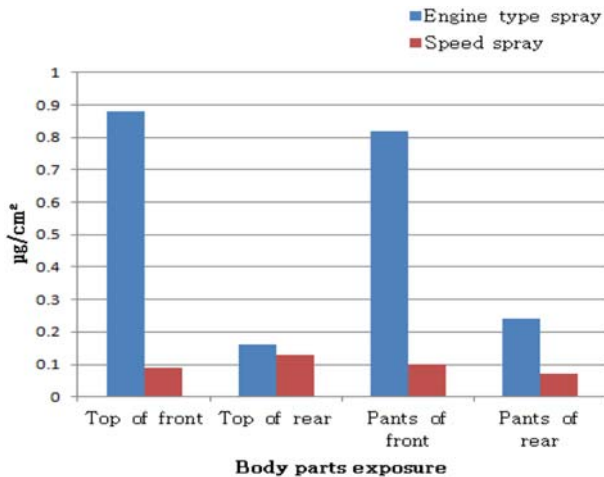
고 하였다. 또한, Holland et al. (1997)은 회전식 분무기의 분무 입자가 작을수록 잎 뒷면에 농약이 부딪히기 쉬워진다고 하였다. speed spray의 경우 살포기의 압력은 engine type spray와 비슷하지만 nozzle size가 $1.2 \mu\text{m}$ 로 engine type spray보다 더 작다. 따라서 speed spray를 살포시 감귤 잎의 뒷면에 부착율이 높은 것은 speed spray의 air-fan과 speed spray의 압력, 더 작은 nozzle size 등의 이유로 부착율이 높은 것으로 판단된다.

살포 시스템에 따른 농작업자 노출량

농작업자 노출량의 경우 한 반복구 당 200 L의 살포액을 살포하였으며, 기존의 대조구인 engine type spray와 소형화된 speed spray의 노출량을 비교하기 위하여 살포시 가장 많이 노출되는 부위인 가슴과 허벅지등 4곳을 선정해 노출량 시험을 하였다. Table 7에서 보는 바와 같이 dithianon의 피부노출량은 engine type spray의 경우 상의 앞면에 $0.88 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 로 가장 많은 노출량을 보였고, 상의 뒷면에 $0.16 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 로 가장 적은 노출량을 나타내었다. Speed spray의 경우 상의 뒷면에 $0.13 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 로 가장 많은 노출량을 나타내었으며, 하의 뒷면에 $0.07 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 로 가장 적은 노출량을 보였다(Fig. 7). Kim (2014)은 engine type spray로 포도 과원에 농약을 살포했을 때 체표면적 대비 주요 노출부위는 가슴 17.27%, 등 12.08%, 허벅지 13.73% 순으로 포도나무의 특성상 가슴, 등, 허벅지처럼 노출빈도가 높은 부위에 노출량이 높게 나온다고 하였다. Cao et al. (2014)은 whole body법을 이용한 밀 포장에서 imidacloprid의 농작업자 농약 노출량 측정시험에서 신체 부위 중 하체부분의 노출량이 가장 높았다고 하였다. Nuyttens은 (2009) 토마토 시설재배

Table 7. Body Exposure of dithianon by Spray System($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)

Sprayer	Top of front	Top of rear	Bottom of front	Bottom of rear
Engine type sprayer	0.88	0.16	0.82	0.24
Speed spray	0.09	0.13	0.10	0.07

**Fig. 7.** Body parts exposure level of dithianon after spraying.

에서 배부식 살포기를 이용하여 농약 살포 시 작업자의 부위별 노출 결과 주로 정강이 혹은 발에 노출이 많이 되는 것으로 확인되었다. 이 경우 engine type spray는 농작업자의 전체 노출량 중 상의 앞면에서 41.9%, 하의 앞면에서 39.0%, 하의 뒷면에서 11.4%, 상의 뒷면에서 7.6% 순으로 높은 노출량을 보였는데 감귤 나무는 농작업자의 키와 비슷한 높이에서 자라기 때문에 가슴과 허벅지에 접촉빈도가 높은 상의 앞면과 하의 앞면 부분에서 노출량이 높게 측정된 것으로 판단된다.

Lee (2016)는 speed spray로 사과과원에 살포했을 때 등 9.34%, 가슴 8.44% 순으로 높은 노출량을 나타냈다고 하였다. 이 경우도 농작업자의 상의 뒷면에서 33.3%로 가장 높은 노출량이 나타났는데 이 경우 speed spray로 약액을 살포시 비산으로 인한 노출과 이미 살포되어있는 구간을 지나가며 농작업자에 노출된 것으로 판단된다. Song (2016)은 분무기 형태에 다른 pyrethroid 농약 노출량 평가에서 speed spray와 engine type spray의 노출량 비교시 살포물량에 따른 노출량 차이가 있을 뿐 살포기의 종류는 농약 노출에 영향을 미치지 않는다고 하였는데, 이 경우 같은 물량의 약제를 살포하였으나 speed spray가 engine type spray에 비해 더 적은 노출량을 보였다. 그 원인은 감귤과원에 적합하게 개량된 speed spray의 경우 약제 살포시 살포기에서 10-15 m 뒤에서 리모컨으로 조종하는 시스템이다. 때문에 약제 살포시 농작업자에 직접 노출되는 경우보다 살포 후 감귤 나무에 부착되어있던 약제가 농작업자에 떨어지는 간접적으로 노출되는 형태이기 때문에 engine type spray보다 더 적은

노출량을 보인 것으로 판단된다.

결론으로 감귤 과원에서 감귤과원 특성에 맞게 소형화된 speed spray를 이용하여 약제 살포 시 부착량과 농작업자 노출량을 확인한 결과 기존 관행살포인 engine type spray보다 더 높은 부착량을 보였으며, 노출량은 소형화된 speed spray가 관행살포인 engine type spray보다 더 낮은 노출량을 보였다. 따라서 제식밀도가 높은 감귤과원 특성에 맞게 소형화된 speed spray가 도입되면 살포노동력을 반 이상 줄일 수 있으며 고른 약제 분포에 의하여 동등하거나 더 좋은 방제효과를 기대할 수 있으며, 안전한 약제 살포가 가능하다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : PJ010478)의 지원에 의해 이루어진 것임.

Literature Cited

- Bae, B. J., H. K. Lee, K. A. Son, G. J. Im, J. B. Kim, T. H. Kim, S. Chae and J. W. Park (2012) The residue property of fungicide boscalid and fluidioxonil at the same time harvest leafy vegetables. *Journal of Pesticide Science*. 16(2):98-108.
- Calumpang, S. M. F. and M. J. B. Medina (1996) Applicator exposure to imidacloprid while spraying mangoes, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 57(5): 697-704.
- Cao, L., B. Chen, L. Zheng, D. Wang, F. Liu and Q. Huang (2014) Assessment of potential dermal and inhalation exposure of workers to the insecticide imidacloprid using whole-body dosimetry in China, J.
- Choi, S. J., E. J. Kin, J. I. Lee, I. S. Cho, W. H. Park and I. S. Hwang (2013) Determination of post-harvest fungicide in citrus fruits using LC-MS. *Journal of Food Science*. 45(4):409-415.
- Fenske, R. A. and E. W. Day JR. (2005) Assessment of Exposure for Pesticide Handlers in Agricultural, Residential and Institutional Environments, in *Occupational and Residential Exposure Assessment for Pesticides*, edited. pp. 11-43, John Wiley & Sons, Ltd.
- Han, Y. H. (2013) Feasibility study for low volume spray in apple orchard. Department 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.
- Holland J. H., Jepson P. C, Jones E. C. and Turner C (1997) A comparison of spinning disc atomisers and flatfan pressure nozzles in terms of pesticide deposition and biological efficacy within cereals crops. *Crop protection.* 16:179-185.
- Hughes, E. A., A. P. Flores, L. M. Ramos, A. Zalts, C. R. Glass, and J. M. Montserrat (2008) Potential dermal exposure to deltamethrin and risk assessment for manual sprayers: Influence of crop type, *Science of The Total Environment.* 391(1):34-40.
- Hwang, J. I., Y. H. Jeon, H. Y. Kim, J. H. Kim, J. W. Aha, K. S. Kim, Y. M. Yu and J. E. Kim (2011) Residue of fungicide boscalid in ginseng treated by different spraying methods. *Journal of Pesticide Science.* 15(4):366-373.
- Jang, Y. S. (2016) Environmental Impact Quotient of Pesticides and the Exposure Risk to Operators in Citrus Orchards. Graduate School, Jeju National University Daejon, Korea.
- Jin, N. Y., Y. K. Lee, B. R. Lee, J. H. Jun, Y. S. Kim, M. J. Seo, C. H. Lim, Y. N. Youn and Y. M. Yu (2014) Pest control effect and optimal dose by pesticide dispersion spray method in the paprika cultivation. *Journal of Pesticide Science.* 18(4):350-357.
- Jung, Y. H., J. Y. Kim, J. H. Kim, Y. D. Lee, C. H. Lim and J. H. Heo (2013) The latest pesticide science. Sigmapress.
- Kang, T. G., D. H. Lee, C. S. Lee, G. I. Lee, W. K. Choi and S. Y. No (2004) Spray and depositional characteristics of electrostatic nozzles for orchard sprayers. *Journal of Biosystems Engineering.* 04(1):21-28.
- Kim, E. H., J. H. Lee, J. H. Sung, J. H. Lee, Y. H. Shin and J. H. Kim (2014) Exposure and Risk Assessment for Operator Exposure to Insecticide Acetamiprid during Water Melon Cultivation in Greenhouse using Whole Body Dosimetry. *Journal of Pesticide Science.* 14(4):247-257.
- Kim, H. N. (2014) Risk assessment of operator exposure during chlorpyrifos-methyl spraying on grape cultivation (*Vitis vinifera* L.). Graduate School, Kangwon National University Kangwon, Korea.
- Koo, Y. M. (2007) Spray deposit distribution of a small orchard sprayer. *Journal of Biosystems Engineering.* 32(3):145-152.
- Lee, B. K. (2011) The Fundamental Study to Develop an Unmanned Sprayer System for Pest Management of Pear. Graduate School, Sunggyunkwan University, Korea.
- Lee, J. Y., H. H. Noh, H. K. Park, H. R. Jeong, M. J. Jin, K. H. Park, J. H. Kim and K. S. Kyung (2016) Exposure Assessment of Apple Orchard Workers to the Insecticide Imidacloprid Using Whole Body Dosimetry During Mixing/Loading and Application. *Journal of Pesticide Science.* 16(3):271-279.
- Nam, M. H., J. H. Sin, J. P. Choi, S. I. Hong, Y. G. Kim and H. T. Kim (2009) Identification of rhizo-bacterium inhibiting *diaporthe citri* causing citrus melanose. *Journal of Pesticide Science.* 13(4):332-335.
- Motokazu T. and K. Yoshinori (2000) Spray ununiformity observed in nozzle motion spraying pesticide on eggplants. *Pesticide Science Society of Japan.* 25:223-227.
- Nuytens, D., P. Braekman, S. Windey and B. Sonck (2009) Potential dermal pesticide exposure affected by greenhouse spray application technique. *Pest Manag Sci.* 65(7):781-790.
- Poulsen, M. E., M. Wenneker, J. W. Hanne and B. Christesen (2012) Pesticide residue in individual versus composite samples of apples after fine or coarse spray quality application. *Crop Protection,* 35:5-14.
- Ramwell, C. T., P. D. Johnson and H. Corns (2006) Transferability of Six Pesticides from Agricultural Sprayer Surfaces, *Annals of Occupational Hygiene.* 50(3):323-329.
- Sanchez-Hermosilla, J., J. V. Rincon, F. Paez and M. Fernandez (2012) Comparative spray deposits by manually pulled trolley sprayer and a spray gun In greenhouse tomato crops. *Crop Protection.* 31:119-124.
- Son, K. A., T. K. Kang, B. J. Park, T. K. Kim, G. H. Gil, C. S. Kim, J. B. Kim, G. J. Im and K. W. Lee (2012) Effect of field location and spray device on pesticide residue in chilli peppers. *Journal of Pesticide Science.* 16(3):230-235.
- Song, J. S., H. S. Choi, H. Y. Yu, B. G. Park and D. h. Kwon (2016) Evaluation of Exposure to Pyrethroid Pesticides according to Sprayer Type using Biological Monitoring. *Journal of Pesticide Science.* 16(4):300-304.
- Turnbull, G. J. (1985) Current trends and future needs in Occupational hazards of pesticide use edited, pp. 99-116, Taylor and Francis, Ltd.
- U.S. EPA. (1992) Guidelines for exposure assessment (FRL-4129-5). *Fed Regist* 57(104):22888 - 22938 [cited in IPCS, 2001a].
- U.S. EPA. (1992) Guidelines for Exposure Assessment. U.S. Environmental Protection Agency. Risk Assessment Forum. [Online]. Available:[22 May 2013].
- Walklate, P. J., J. V. Cross and G. pergher (2011) Support system for efficient dosage of orchard and vineyard spraying products. *Computers and Electronics in Agriculture.* 75:355-362.
- Yamashita, Shigeyoshi. (1991) Empirical Study on Sprinkler Control and Irrigation Method in Citrus Garden. Graduate School, Kyoto University Kyoto, Japan.

살포 시스템에 의한 살균제 Dithianon의 감귤 잎 부착량 및 농작업자 노출량 비교

김민석 · 홍수명* · 현재욱¹ · 황록연¹ · 권혜영 · 이호섭 · 문병철

농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부 화학물질안전과, ¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 감귤연구소

요 약 최근 과수원의 방제작업은 노동력 부족으로 병해충의 생력방제를 위해 자동화 설비를 갖추고 있다. 그러나 감귤과원에서는 감귤나무가 작고 재식 밀도가 높아 다른 과원에서 사용되는 자동화 시설은 적합하지 않다. 감귤과원에 적합한 자동화 방제 시스템이 필요하다. 본 연구는 감귤과원에서 사용하는 engine type spray를 대조구로 비교하여 감귤과원에 적합하게 개량된 소형화 된 speed spray의 적용가능성을 알아보기 위해 감귤 잎과 감수지를 사용해 살포기별 부착량을 알아보았으며, 농작업자의 작업복을 통해 노출량을 알아보았다. 감귤 잎의 부착량은 engine type spray의 경우 2.13 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, speed spray의 경우 2.59 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 로 나타났으며, 농작업자 노출량의 경우 engine type spray는 2.10 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, speed spray의 경우 0.38 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 로 나타났다. 감귤과원에서 개량된 speed spray로 살포하는 것은 engine type spray보다 높은 부착량을 나타냈으며, 노출량은 더 적게 나타났다.

색인어 디치아논, 살포 시스템, 감귤 잎, 부착량, 농작업자 노출량