



초미립자 살포기를 이용한 살균제의 온실 약해검정

이동혁 · 최지영 · 김흥태*

충북대학교 농업생명환경대학 식물의학과

Phytotoxicity Test of Fungicide by using Ultra Low Volume Sprayer in a Greenhouse

Dong Hyuk Lee, Jiyoung Choi and Heung Tae Kim*

Department of Plant Medicine, College of Agriculture, Life & Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju, Chungbuk 28644, Korea

(Received on October 21, 2019. Revised on November 29, 2019. Accepted on December 2, 2019)

Abstract In order to test the phytotoxicity of the fungicides under conditions similar to those of treating the fungicides using a drone, a phytotoxicity test method of the fungicides in a greenhouse was established by using an ultra low volume (ULV) sprayer. After diluting three kinds of fungicides such as cyazofamid, picarbutrazox, ametoctradin + dimethomorph, which are used to control cabbage and fungal disease, by 16 and 8 folds, 8 crops, including cucumbers, peppers, lettuce, corn, cabbages, beans, leeks, and perilla, were sprayed for 5.5 sec by using a ULV sprayer installed 2 m above ground. The phytotoxicity was examined daily until 14 days later, but no phytotoxicity occurred. When the mixture of ametoctradin and dimethomorph was treated on cucumber leaves, the effects of the dosage of the mixture and the temperature of cucumber storage after treatment on the phytotoxicity were investigated. When the mixture diluted by 8 fold was treated with 49.5 and 55.0 seconds on the first leaf of cucumber, the leaves began to shrink after 6 and 4 days, respectively. The leaves sprayed with the mixture for 49.5 seconds were stored at 35°C. After 4 days, the leaves became brownish. As showing this study, when using the ULV sprayer in the greenhouse for examining the phytotoxicity, fungicides should be sprayed for 5.5 seconds at a height of 2 m. At this time, the spray period and the temperature after the experiment were found to affect the phytotoxicity on the leaves of cucumber.

Key words drone, phytotoxicity, ultra low volume sprayer, the mixture of ametoctradin and dimethomorph

<< ORCID

Heung Tae Kim

<http://orcid.org/0000-0003-2012-6703>

서 론

현재 우리 농업은 농지 면적의 감소, 노동인구의 감소와 노령화, 작물별 생산비의 증가 및 작물별 노동비 비율의 증가 등으로 인한 농업경쟁력의 약화가 큰 문제로 지적된다. 이런 농업의 문제를 해결하기 위하여 최근 관심이 높아지는 4차 산업 기술을 우리 농업에 적용하여 현재 농업이 가

지고 있는 문제를 해결하고자 하는 노력이 다양한 부분에서 진행 중이며, 가장 많이 이용되는 것이 드론과 같은 무인항공기 사용 기술이다. 무인항공기(UAV, unmaned aerial vehicle)란 조종자가 탑승하지 않고 지상에서 원격으로 조종하는 비행체를 말한다(Ahirwar et al., 2019). 무인 항공기(UAV)는 향후 10 년간 그 시장이 3 배 이상 증가하는 세계 우주 항공 산업에서 가장 역동적인 성장 분야가 될 것이라고 하는데, 현재 전세계 UAV 생산량이 2018년 5조 8천억원에서 10년 후인 2028년에는 12조 7천억원까지 상승할 것으로 예상하고 있다(Teal Group, 2018). UAV의 다양한 활용 분야

*Corresponding author

E-mail: htkim@cnu.ac.kr

중에서도 가장 유망한 분야로 많은 전문가들이 선정하는 분야가 농업 분야이다. 상업용 드론의 80% 정도를 농업 분야에서 차지할 것으로 예상할 만큼 농업분야에서 드론의 활용성이 확대되어 가면서, 농업 분야에서 드론의 다양한 역할이 기대되고 있다(Mogil et al., 2018; Ahirwar et al., 2019).

농약은 농업에서는 필수불가결한 주요한 농자재로서, 농약을 사용하면 농업 생산성을 45%까지 증가시킬 수 있다(Oerke, 2006). 그럼에도 불구하고 일반 대중과 정부가 가지는 농약에 대한 부정적인 시각이 크기 때문에, 많은 나라에서 농약에 대한 규제가 강화되고 있다. 이런 상황에서 무인항공기인 드론을 이용한다면 정해진 일정 지역에만 소량으로 농약을 살포할 수 있을 것으로 예상하기 때문에, 드론에 다양한 기기를 장착한다면 GPS를 이용하여 초정밀 농약 살포도 가능해질 것으로 기대한다(Lan and Chen, 2018). 특히 무인항공기를 이용하는 살포는 작물과 토양의 물리적 구조에 해를 미치지 않으며, 노동력을 절감할 수 있을 것으로 예상하기 때문에, 그 사용이 확대되면서 농업 생산성을 향상시킬 수도 있다. 실제 밀 흰가루병의 포장 방제를 위해서 수잉기 때 수동 살포기를 가지고서 살균제를 처리했을 때, 밀의 중간 엽과 하위 엽은 효과적인 살포가 이루어지지 않기 때문에, 포장에서 처리한 살균제의 병 방제효과가 감소하였지만, 드론으로 살균제를 처리하였을 때는 처리한 살균제가 밀의 하위 엽까지 효과적으로 처리되어 효과가 상승하였다(Weicai et al., 2018). 또한 드론은 영농 규모가 대규모인 재배 지역뿐만 아니라, 인력으로 처리가 힘든 산간 지역에서 신속하고 효율적으로 처리가 가능한 장점을 가지고 있다(Yang et al., 2018).

드론을 사용하여 농약을 살포하는 것이 여러 가지 장점을 가지고 있지만, 드론을 사용하여 포장에서 작물에 살균제를 처리할 경우 처리하는 농도가 매우 높기 때문에 대상 작물과 살균제 입자의 비산에 의해 주변 작물에 미치는 약해가 고려되어야 한다. 작물에서 농약에 의한 약해는, 농약 성분의 작물에 대한 선택적인 독성, 고농도의 살포, 서로 다른 농약 성분의 혼합, 농약의 처리 순서에 의해서 나타나는 화학 반응 및 특별한 기상 환경 등의 영향으로 발생한다(Cowgill et al., 2013). 약해 조사의 경우, 약해를 유발할 수 있는 다양한 조건에 대한 평가가 필요하다. 그런데 무인항공기를 사용하여 포장에서 작물에 실제 처리하는 살균제 농도를 가지고 온실에서 약해실험의 수행이 용이하지 않다.

따라서 본 연구에서는 포장에서 무인항공기로 살균제를 살포하는 동일한 농도에서 약해 검사의 가능성 확인을 위하여, 초미립자 살포기(ultra low volume sprayer)를 활용하여 고농도 소량의 약액을 이용한 약해 검정 방법을 확립하고, 기존 살균제를 처리하였을 때 약해 유발에 영향을 미치는 조건 등을 실험하였다.

재료 및 방법

실험에 사용한 살균제와 ULV 살포기

온실 약해 실험에는 무인항공기용 살균제로 배추 노균병 방제에 등록된 3종의 약제 cyazofamid, picarbutrazox, ametoctradin+dimethomorph를 선발하여 사용하였다(Table 1). 살균제를 처리하기 위한 Ultra Low Volume (ULV) 살포기는 대호그린 포그에스 DH-FOGs 제품을 사용하였다(Table 2).

처리한 살균제 입자의 낙하 분산 조사

처리한 입자의 낙하 분산을 조사하기 위하여 감수지(크기; 50×76 mm (W×L), Syngenta Co., Swden)를 10 cm 간격으로 Fig. 1과 같이 설치하였다. 처리한 살균제 입자의 낙하 분산 정도를 조사하기 위해서 위에서 서술한 것과 같은 조건으로 ULV 살포기를 이용하여 살균제를 처리하고, ‘살균제 약효·약해시험의 기준과 방법’의 낙하분산 조사지표를 기준으로 조사하였다.

Table 2. Specification of ultra low volume sprayer

Specification	ULV sprayer FOGs
Size	470×240×200 mm
Weight	3.0 kg
Capacity of tank	1.5 L
Cord length	10 m
Nozzle size	1.5~3.0 φ
Ventilation hole size	10 φ
Amount of injection	~0.2 L/min
Length of injection	horizontal 2~7 m
Ventilation motor	
Used power	AC 220 V, 50~60 Hz
Power consumption	560 W
Number of rotation	25,600 RPM
Durability	360 hrs

Table 1. Fungicides for using in this experiment

Fungicide	Active ingredient (%) and Formulation	Dilution fold used in this study
Cyazofamid	10, SC ^{a)}	8, 16
Picarbutrazox	10, SC	8, 16
Ametoctradin + Dimethomorph	27+20, SC	8, 16

^{a)}SC was used as an abbreviation for suspension concentrate.

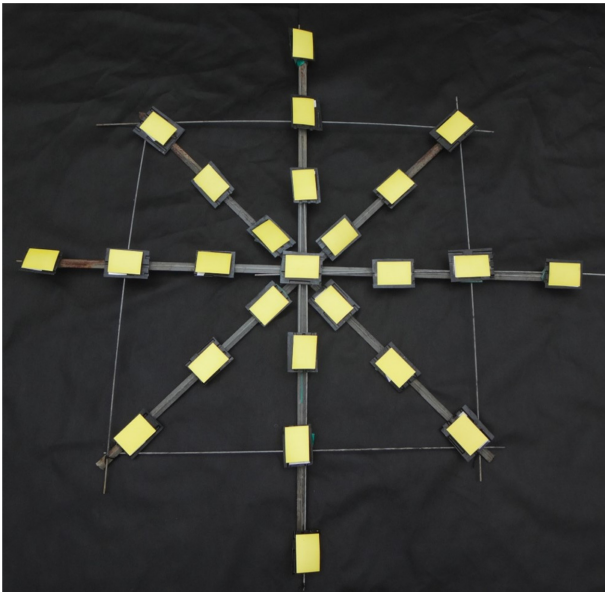


Fig. 1. Placement of water sensitive paper to investigate the drop dispersion of fungicide particles in a greenhouse.

처리할 살균제의 물량 결정

실험에 사용한 3종의 살균제를 16배와 8배로 희석한 용액을 조제하여, ULV 살포기로 조제 용액 100 mL를 각각 1분간 살포한 후, 살포되어진 살균제 용액의 용량을 측정하였다. Fig. 1처럼 배치한 감수지에서 살균제 용액 입자의 낙하 분산 정도를 조사하여 처리 시간 당 살균제 용액이 처리되어지는 면적을 계산하였다. 살균제 입자가 균일하게 낙하할 뿐만 아니라 감수지에 찍힌 입자의 낙하분산의 지수가 5 이상인 부분이 살균제가 균일하게 살포되어진 영역으로 간주하고 면적을 구하였다. 감수지에 나타나는 살균제의 낙하분산 지수는 살균제 약효약해 검정법(농촌진흥청)의 기준을 따라서 조사하였다. 실제 포장에서 무인항공기를 사용하여 살균제를 살포할 경우 정해진 희석배수로 조제한 살균제 용액을 10 a 당 1.6 L 처리하게 되어 있다. 따라서 온실에서 약해 실험을 할 때도 포장에서 살포되어지는 약량과 동일한 약량이 처리되는 시간을 계산하였다.

처리 높이에 따른 낙하 분산 조사

ULV 살포기를 지상에서 1.5 m, 2 m, 2.5 m에 설치하고, 살균제 용액을 5.5초간 처리한 후, 용액 입자의 낙하 분산을 조사하였다. 용액 입자의 낙하분산을 조사하기 위해서 Fig. 1과 같이 감수지(50×76 mm, L×W)를 10 cm 간격으로 설치하고, 수직으로 설치한 ULV 살포기를 이용하여 조제한 살균제 용액을 분무하였다.

ULV 살포기를 이용한 온실 약해 실험

선발한 살균제 16배와 8배로 희석한 용액을 준비하여,

ULV 살포기로 오이, 고추, 상추, 옥수수, 배추, 콩, 대파, 들깨 등 총 8작물에 처리하고 약해 증상을 관찰하였다. 실험에 사용한 8개의 작물은 각각 두 품종씩을 실험에 사용하였다. 실험에 사용한 각 작물의 엽기는 오이, 고추, 상추, 배추, 콩, 들깨는 3~5엽기와 7~9엽기를, 옥수수와 대파는 15일과 30일 간 재배한 유묘를 사용하였다. 각 작물의 3~5엽기와 15일 유묘는 직경 10 cm, 높이 9 cm의 포트에 재배하였고, 7~9엽기와 30일 유묘는 직경 15 cm, 높이 17 cm의 포트에서 재배하였다. 준비한 각 살균제 용액은 2 m 높이에 수직으로 설치한 ULV 살포기를 사용하여 560 W 출력으로 5.5 초간 분사하였다.

약해 조사

약해 증상은 살균제를 처리하고 14일 후까지 모든 잎에서 조사하였다. 약해 증상은 잎이 위축되는 증상이 나타날 경우를 1, 잎 면적의 50% 정도가 위축될 경우를 2라는 약해 지수로 조사하였으며, 아래 식을 이용하여 약해율을 계산하였다.

$$\text{약해율(\%)} = \left(\frac{2 \times n_2 + 1 \times n_1 + 0 \times n_0}{2 \times N} \right) \times 100$$

- N; 약해를 조사한 총 엽 수
- n₀; 약해 지수가 0인 엽 수
- n₁; 약해 지수가 1인 엽 수
- n₂; 약해 지수가 2인 엽 수

살균제 처리 물량과 처리 후 온도가 약해에 미치는 영향

Ametoctradin + Dimethomorph 혼합제를 포장에서 사용하는 희석배수의 기준량(16배 희석배수)과 2배량(8배 희석배수)으로 살포 용액을 준비하였다. 준비한 살균제 용액은 ULV 살포기로 5.5초, 11.0초, 16.5초, 22.0초, 27.5초, 33.0초, 38.5초, 44.0초, 49.5초, 55.0초 동안 각각 처리하고, 온실에서 재배하며 14일 동안 육안으로 약해를 조사하였다. 또한 살균제 처리 후 온도가 약해에 미치는 영향을 조사하기 위하여, Ametoctradin + Dimethomorph 혼합제를 16배로 희석하여 ULV 살포기로 5.5초, 16.5초, 27.5초, 38.5초, 49.5초 동안 처리하였다. 처리한 오이의 잎은 20°C, 25°C, 30°C, 35°C의 온도에서 각각 보관하며 약해 발생 유무와 정도를 조사하였다.

결과 및 고찰

ULV 살포기로 처리한 살균제 용액 입자의 낙하 분산 정도와 살포 시간 결정

ULV 살포기로 처리한 살균제 용액 입자의 낙하 분산 범위를 조사한 결과, Fig. 2에서 보는 것과 같이 감수지 6번의

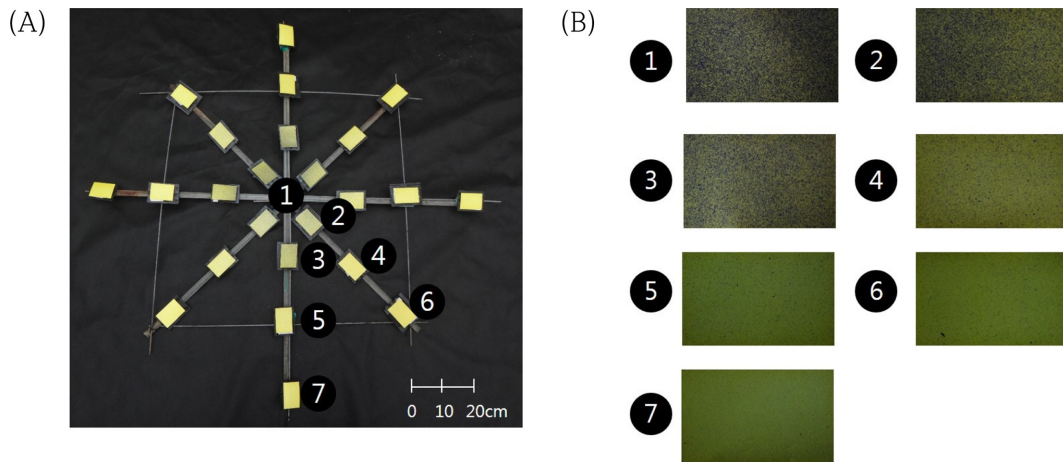


Fig. 2. Investigation of dropping range of fungicide particles. Water sensitive papers were placed at 10 cm intervals to examine the dropping range of the fungicide solution particles in a greenhouse (A). Distribution of fungicide solution particles dropped on the water sensitive paper at each location (B).

Table 3. Determination of the time taking to treat the spray volume of fungicide sprayed in the field with unmanned aerial vehicle

Fungicides	Dilution fold	Spray volume for one minute (mL/min) ^{a)}	Spray volume for one second (mL/s) ^{b)}	Spray period (s) ^{c)}
Cyazofamid	8	14.00	0.23	5.38
	16	15.33	0.26	4.91
Picarbutrazox	8	13.67	0.23	5.51
	16	15.00	0.25	5.02
Ametoctradin + Dimethomorph	8	14.00	0.23	5.38
	16	15.33	0.26	4.91

^{a)} The spray volume applied for 1 minute with a ULV sprayer was measured.

^{b)} Spray volume for 1 second was calculated with a volume sprayed for one minute with ULV sprayer.

^{c)} The time required for spraying 1.256 ml of each fungicide solution was calculated on the area where the particles of fungicide solution dropped to an index of 5 or more.

낙하분산 지수는 입경이 0.2 mm의 5 이상이였으나, 7번 감수지의 낙하분산 지수는 2 미만으로 매우 낮았으며, 입자의 분산도 균일하지 못하였다. 따라서 본 실험처럼 2 m 높이에서 ULV 살포기로 살균제를 처리하였을 때, 6번 감수지 안 쪽으로는 살균제 용액이 충분히 처리되었을 뿐만 아니라, 입자의 낙하분산도 매우 균일하였기 때문에, 6번 감수지까지 영역을 실질적으로 살균제가 처리되는 영역으로 생각하기로 하였다. 그 결과 2 m 높이에서 ULV 살포기로 살균제를 처리하였을 때, 살균제 용액의 입자가 낙하하는 유효 면적의 크기는 0.785 m²이었다. 포장에서 무인항공기로 살균제를 처리할 때에는 10 a 당 1.6 L를 처리하고 있기 때문에, 본 연구의 온실 실험에서 처리해야 하는 유효 면적으로 환산하면 1.256 mL를 처리해야 한다. Table 3에서 보면 3종의 살균제를 2가지 농도로 처리하였을 때 초 당 분사되는 살균제 용액의 양은 0.23-0.26 mL이었다(Table 3). 포장 10 a 당 1.6 L가 처리되는 약량과 동일한 약량을 처리하기 위해서 현 실험 조건에서는 각 처리마다 4.91-5.51초까지 살포해야 했

기 때문에, 처리하는 시간을 5.5초에 맞추어 처리하고 약해 발생 정도를 조사하여야 한다.

처리 높이에 따른 살균제 용액 입자의 낙하 분산

ULV 살포기를 1.5 m의 높이에서 처리하였을 때에는 살균제 살포 면적이 가장 좁았으며, 입자의 낙하 분산도 균일하지 않았다(Fig. 3). 가장 높았던 2.5 m의 경우에는 낙하하는 면적은 2 m에서 살포하였을 때와 대등하였으나, 낙하한 입자의 분산 지수가 낮았다. 결국 살균제 입자가 넓은 면적에 낙하하면서도 고르게 낙하하는 처리는 ULV 살포기의 위치를 2 m로 조정하여 살포하였을 경우였다.

최근 드론을 사용하여 살균제를 살포하고자 하는 요구가 많아지고 있다. 넓은 면적이더라도 드론을 가지고 살포할 경우에는 매우 짧은 시간에 살균제의 처리가 끝나기 때문에, 10 a의 면적에 1.6 L의 살균제 용액을 살포하는 것이 적절하다고 되어있다. 그러다보니 살균제를 단위 면적 당 수동 살포기로 살포할 경우 충분한 물량으로 처리한 작물체 위에서

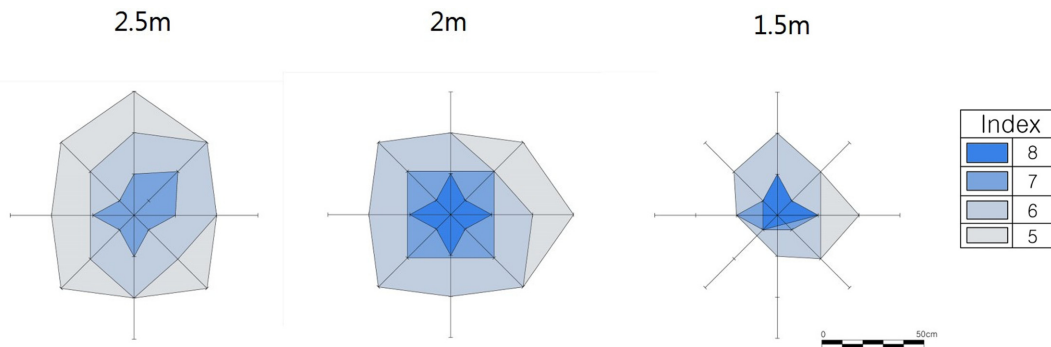


Fig. 3. Droplet distribution according to spray height.

살균제 용액이 흐르기 직전까지 처리하는 것이 관행이었다. 드론을 가지고 살균제를 살포할 경우에는 수동 살포기로 살포할 때와 동일한 약량을 동일한 단위 면적에 살포하기 위해서 고농도로 조제한 용액을 살포할 수밖에 없다. 이것이 드론을 사용하여 살균제를 처리할 경우, 고농도로 준비한 용액을 살포해야 하는 이유이다. 그런데 이런 고농도의 살균제 용액을 조제하여 온실에서 약해 실험을 수행하고자 할 때에 일반 살포기를 사용하여 포장에서 드론으로 처리하는 것과 동일하게 처리하는 것은 거의 불가능한 일이다. 이러한 어려움을 해결하기 위한 방법 중의 하나가 ULV 살포기의 사용이라고 생각한다. 기존의 살포기 방식은 정해진 입경을 지닌 노즐을 통해서 압력으로 분사하는 방법이지만, ULV 살포는 정전형식의 회전식 분무 방식을 취하고 있기 때문에 고농도의 용액을 소량을 가지고서도 처리가 가능한 장점이 있다(Fidanza et al., 2009; Ferguson et al., 2016). 이러한 장점은 실제 포장에서 살균제의 유효성분을 고농도로 희석하여 단시간에 살포하는 무인항공기의 처리 방식을 온실에서 재현함으로써 온실 내에서 약해의 검정을 가능하게 할 것으로 생각한다. 본 실험을 통하여 배추 노균병 방제를 위하여 무인헬기로 포장에서 처리하는 약량과 동일한 약량을 처리하기 위해서는 입자크기가 20 µm인 ULV 살포기를 2 m 높이에서 5.5초간 살포하였을 때 동일한 약량이 살포된다는 것을 알 수 있었다.

ULV 살포기로 처리한 살균제의 약해

온실에서 8종의 작물 당 2개씩의 품종을 선발하여 실험하였으며, 모든 작물과 품종은 2가지 생육 시기의 식물체를 가지고 약해 실험을 진행하였다. ULV 살포기를 지상에서 2 m 위치에 설치하고, 포장에서 사용하는 희석배수로 준비한 살균제 용액을 5.5초씩 처리한 결과, 작물의 종류와 품종, 그리고 생육 시기에 관계없이 모든 처리에서 약해는 발생하지 않았다.

살포하는 살균제의 양을 감소시키면 식물병 방제 효과가 감소하기 때문에, 식물병 방제 효과를 유지하거나 높이기

위해서 살균제의 처리 양을 증가시키면 식물에 대한 약해가 증가하는 경우가 있다(Litterich et al., 1993). 살균제에 의한 약해 증상으로는 입묘율 저하, 잎의 비틀림 증상, 잎의 두꺼워짐, 생장 저하 등이 있지만, 작물과 처리한 살균제의 종류에 따라서 약해 증상은 다양하기 때문에, 처리하는 살균제 각각에 대한 실험을 진행하여야 한다는 점이 약해 검정 시 어려움 중의 하나일 수 있다(Goulart and Paiva, 1993; Dias, 2012). 본 실험에서는 오이의 잎에 과량의 살균제가 처리되었을 경우에 잎이 위축되는 약해가 나타났다. 실험에 사용한 8종류의 작물과 각각의 품종에 과량의 살균제가 처리될 경우, 엽 위축, 엽연 황화, 그리고 엽 천공 등의 약해가 나타났다(Lee et al., 2018) 따라서 살균제에 대한 약해 실험을 온실에서 실시할 경우 처리하는 약량은 포장에서 사용하는 약량과 동일하게 맞추어 처리하여야 하며, 더불어 처리약량보다 높은 농도의 살균제에 의한 약해 발생 유무도 조사되어야 한다.

살균제 처리량에 따른 약해

Ametoctradin과 dimethomorph 혼합제를 16배와 8배 희석한 용액을 조제한 다음, 처리시간을 달리 하여 처리 용액의 물량을 조절함으로써 작물체에 살포되는 살균제 약량을 조절하였다. 준비한 살균제는 오이의 유묘에서 실험하였다. 살균제를 8배로 희석하여 49.5초간 처리한 결과, 6일 후부터 3~4엽기의 오이 신엽에서 엽 위축 증상이 나타나기 시작하였다. 살균제 용액을 55.0초 동안 처리한 경우에는, 4일 후부터 3~4엽기의 신엽에서 동일한 엽 위축 증상 나타났으며, 6일 후에는 약해 정도가 더욱 심해졌다(Table 4). 16배로 희석한 살균제 용액의 처리구에서는, 55.0초 동안 살포한 처리구에서만 6일 후부터 3~4엽의 신엽에서 엽 위축 증상이 나타났다.

살균제 처리 후의 온도가 약해에 미치는 영향

Ametoctradin과 dimethomorph 혼합제를 16배로 희석하여 처리한 오이 1엽을 20, 25, 30°C에서 보관하면서 약해

Table 4. Phytotoxicity of the mixture^{a)} of ametoctradin and dimethomorph according to spray period

Dilution fold (times)	Spray period (s)	Days of exposure					
		2	4	6	8	10	12
8	44.0	- ^{b)}	-	-	-	-	-
	49.5	-	-	+	+	+	+
	55.0	-	+	++	++	++	++
16	44.0	-	-	-	-	-	-
	49.5	-	-	-	-	-	-
	55.0	-	-	+	++	++	++

^{a)} The fungicide suspension of the mixture was prepared by diluting 8 times.

^{b)} Phytotoxic symptom : - none, + slight, ++ severe.

Table 5. Percentage of phytotoxicity in cucumber leaves treated with the mixture of ametoctradin and dimethomorph^{a)} and stored at 35°C over time

Application period (sec)	Storage period (days)						
	1	2	3	4	5	6	7
5.5	0.0 ^{b)}	0.0	0.0	0.0	a	2.2	a
16.5	0.0	0.0	0.0	0.0	a	4.6	ab
27.5	0.0	0.0	0.0	0.0	a	16.9	b
38.5	0.0	0.0	0.0	0.0	a	12.9	ab
49.5	0.0	0.0	0.0	16.9 ^{c)}	b	100.0	c

^{a)} The fungicide, as the mixture of ametoctradin and dimethomorph, was treated by an ultra low volume sprayer for each indicated spray period, after diluting it by 60 folds.

^{b)} No phytotoxicity.

^{c)} The number means the rate of phytotoxicity. It was obtained by investigating browning area per a leaf.

^{d)} The means followed by the same letter in the same column are not significantly different $P < 0.01$ by Duncan's multiple range test.

증상을 관찰하였지만, 6일 후까지도 약량에 관계없이 약해 증상이 전혀 나타나지 않았다. 하지만 살균제를 처리하고 35°C에서 보관했을 경우, 49.5초간 살균제를 살포한 잎에서 4일 후부터 잎이 전체적으로 갈변하기 시작하는 약해 증상이 관찰되었다(Table 5). 혼합제를 5.5초, 16.5초, 27.5초, 38.5초간 처리한 오이 잎을 35°C에서 보관할 경우, 약제 처리 5일 후부터 2.2%부터 16.8%까지 약해가 관찰되었다. 살균제 처리 6일 후에는 살균제를 처리한 대부분의 잎에서 갈변하는 현상이 나타났으며, 심지어 무처리구의 일부 잎에서 조차 오이 잎이 갈변하는 현상이 나타났었다(Fig. 4). 살균제의 약해 실험을 할 때 온도는 식물체 표면에 처리된 살균제인 화학물질의 안전성과 식물의 활력에 직접적인 영향을 미치지 않기 때문에 살균제의 약해 실험 시에 약제는 15°C와 30°C 사이의 온도에서 처리해야 한다(Chase and Simone, 2001). 하지만 본 실험에서는 35°C의 고온에서 살균제를 처리한 오이 잎을 실험하였기 때문에 오이 잎의 생리적인 변화가 처리된 혼합제에 의한 갈변 증상을 유발한 것으로 생각한다. 살균제에 의한 약해 증상은 온도뿐만 아니라, 과다한 시비, 관수, 빛과 병해충 발생 등에 의해서도 유발될 수 있기 때문에, 온실에서 약해 실험을 할 경우에는 실험하는 환경 요인

을 신중하게 고려할 필요가 있다.

ULV 살포기를 사용하여 8배로 희석한 살균제를 처리할 경우에도 기준 약량보다 9배 이상의 처리에서 약해증상이 나타났고, 희석배수 16배로 처리하였을 때 기준 약량보다 10배 이상으로 처리할 경우에는 약해증상이 나타났다. 포장에서 드론을 사용하여 살균제를 살포할 경우, 풍속과 풍향의 영향으로 처리한 살균제가 비산에 의해서 특정 지역에 다량의 살균제가 살포되어진다면 약해가 나타날 수 있는 가능성이 있기 때문에 주의하여야 한다. 처리 약량과 더불어 온도도 약해 발생 유무에 영향을 미쳤는데, 살균제 처리 기준 물량의 5배 이상 처리 후, 35°C에서 보관할 경우 살균제 처리 5일 후부터 약해가 발생하였다. 하지만 30°C 이하의 온도에서는 약해가 발생하지 않은 것을 보면, 온도 역시 약해에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 작물에서 살균제의 약해는 광, 온도, 습도 등의 영향을 많이 받는다고 알려져 있는데, 특히 27°C 이상의 온도라면 약해 발생이 증가할 수 있다고 한다. 따라서 온실에서 살균제 약해 실험을 진행하는 과정에서 고농도의 살균제를 처리하고 고온이 지속된다면 약해 발생 가능성이 높아지기 때문에 실험 시 유의해야 한다.

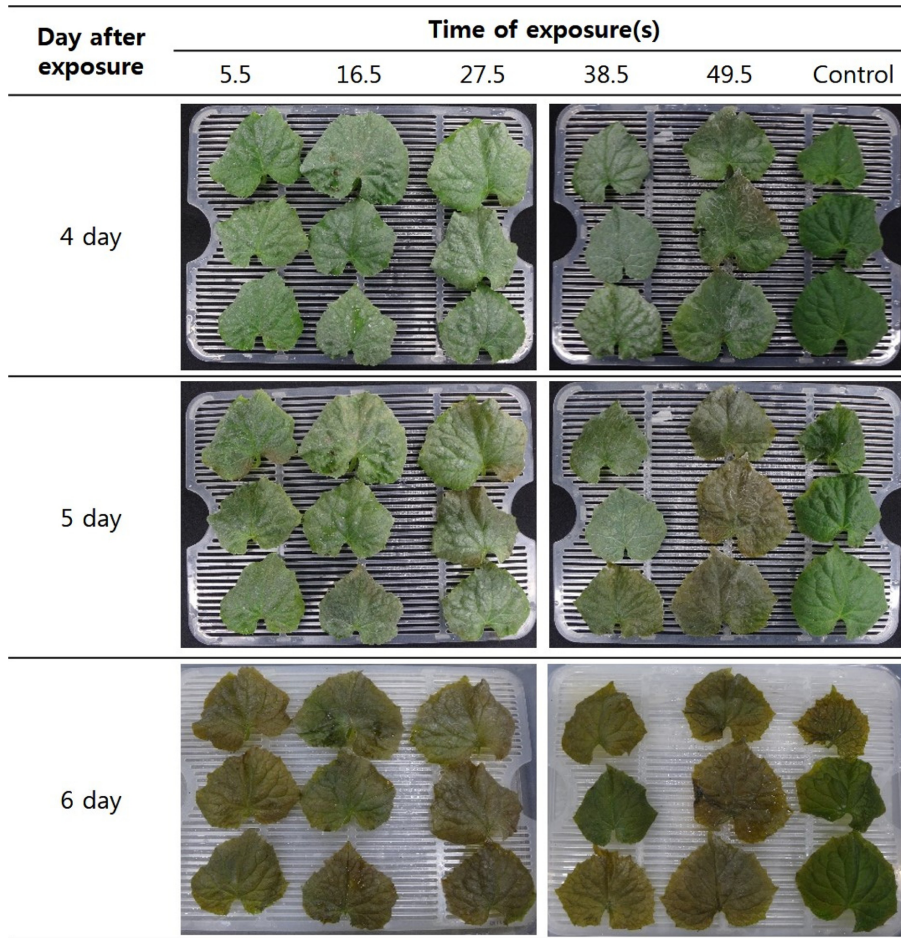


Fig. 4. Phytotoxicity in cucumber leaves treated with the mixture of ametoctradin and dimethomorph and stored at 35°C. The mixture was diluted by 16 folds and treated on the first leaf of cucumber by using a ultra low volume sprayer.

본 실험에서는 포장에서 시기가 지났거나, 동일한 시기를 맞추어 약해 실험을 진행하기 어려운 경우, 온실에서 실험할 수 있는 표준 조건을 확립하였다. 특히 드론을 이용한 살균제 처리는 고농도 농축액을 단시간에 처리해야하는 어려움이 있었는데도, ULV 살포기를 사용함으로써 처리가 가능해졌다. 또한 정확한 약해 증상을 보고함으로써, 추후 약해 실험을 위한 새로운 정보를 제공하였다고 본다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ013426 012019)의 지원에 의하여 수행되었습니다.

Literature Cited

Ahirwar, S., R. Swarnkar, S. Bhukya and G. Namwade (2019) Application of drone in agriculture. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 8(1):2500-2505.

Chase, A. R. and G. W. Simone (1985) Phytotoxicity on foliage ornamentals caused by bactericides and fungicides. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/misc/media/factsheets/pp0030.pdf>. Copied 2001.

Cowgill, W., P. Oudamans, D. Ward and D. Rosenberger (2013) Not Understanding phytotoxicity can damage your bottom line. *Fruit Notes* 78:15-23.

Dias, M. C. (2012) Phytotoxicity: An Overview of the Physiological Responses of Plants Exposed to Fungicides. *J. Bot.* 2012:1-4.

Ferguson, J. C., R. E. Gaussoin, J. A. Eastin, M. D. Sousek and G. R. Kruger (2016) Comparison of an ultra-low volume (ULV) sprayer against a conventional sprayer, for foliar fertiliser and fungicide applications in turfgrass. *J. Pl. Protect. Res.* 56(1):54-59.

Fidanza, M. A., J. E. Kaminski, M. L. Agnew and D. Shepard (2009) Evaluation of water droplet size and water-carrier volume on fungicide performance for anthracnose control on annual bluegrass. *Inter. Turfgrass Soc. Res. J.* 11:195-205.

Goulart, A. C. P and F. de. A. Paiva (1993) Efficiency of wheat

- seed chemical treatment on the control of *Helminthosporium sativum* and *Pycularia oryzae*. *Summa Phytopathology* 19:199-202.
- Lan, Y. and S. Chen (2018) Current status and trends of plant protection UAV and its spraying technology in China. *Int J Precis Agric. Aviat* 1(1):1-9.
- Lee, D. H., J. Y. Min, D. M. Seo, J. W. Do and H. T. Kim (2018) Phytotoxicity of 3 fungicides on cucumber and pepper by the treatment with recommended dilution fold for the control of unmanned aerial vehicles. 2018 International joint conference on plant protection p. 236.
- Mogili, U. M. R. and B. B. V. L. Deepak (2018) Review on application of drone systems in precision agriculture. *Procedia Computer Sci.* 133:502-509.
- Oerke, E. C. (2006) Crop losses to pests. *J. Agricul. Sci.* 144(1):31-43.
- Teal Group (2018) Predicts Worldwide Military UAV Production of \$90 Billion Over the Next Decade. <https://www.tealgroup.com/index.php/pages/press-releases/56-teal-group-predicts-worldwide-military-uav-production-of-90-billion-over-the-next-decade-on-19-november-2018>.
- Yang S., X. Yang and J. Mo (2018) The application of unmanned aircraft systems to plant protection in China. *Precision Agric.* 19(2):278-292.
- Weicai, Q., X. Xinyu, Z. Shaoming, G. Wei and W. Baokun (2018) Droplet deposition and efficiency of fungicides sprayed with small UAV against wheat powdery mildew. *Int. J. Agric and Biol. Eng.* 11(2):27-32.

초미립자 살포기를 이용한 살균제의 온실 약해검정

이동혁 · 최지영 · 김흥태*

충북대학교 농업생명환경대학 식물외학과

요 약 무인항공기인 드론을 이용하여 살균제를 처리하는 조건과 유사한 조건에서 살균제의 약해를 검정하기 위하여 초미립자(Ultra Low Volume (ULV)) 살포기를 이용하여 온실에서 살균제 약해 검정하는 방법을 확립하였다. 배추 노균병 방제용 살균제인 cyazofamid, picarbutrazox, ametoctradin+dimethomorph 등 3종의 살균제를 16배와 8배로 희석한 후 ULV 살포기를 이용하여 지상에서 2 m 높이에서 오이, 고추, 상추, 옥수수, 배추, 콩, 대파, 들깨 등 총 8작물에 5.5초간 살포하였다. 살균제를 살포하고 14일 후까지 모든 작물에서 약해가 발생하는 지를 조사하였으나, 약해는 전혀 발생하지 않았다. Ametoctradin과 dimethomorph 혼합제를 대상으로 오이 잎에 처리되는 약량과 처리 후 온도가 약해에 미치는 영향을 조사하였다. 혼합제를 8배로 희석하여 오이 1엽에 49.5초와 55.0초 동안 처리할 경우, 각각 6일과 4일 후부터 잎이 위축되는 약해가 나타나기 시작하였으며, 혼합제를 49.5초간 살포한 잎을 35°C에서 보관할 경우, 4일 후부터 잎이 갈변하는 약해 증상이 관찰되었다. 본 연구의 결과, ULV 살포기를 이용하여 무인항공기용 방제 살균제를 온실에서 약해 검정을 할 경우에는 약해 검정하는 살균제를 2 m의 높이에서 5.5초간 살포해야 하는데, 이때 처리하는 시간과 실험 후 온도가 약해에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

색인어 드론, 약해, 초미립자 살포기, ametoctradin과 dimethomorph 혼합제