

온실차광을 위한 드론 전용노즐 설계에 관한 연구

오웅진¹, 임진택^{2*}

¹굿세라 주식회사, ²전주비전대학교 전기공학과

A Study on Drone Nozzle Design for Greenhouse Shading

Ungjin Oh¹, Jin-Taek Lim^{2*}

¹Goodcera Co.,Ltd., ²Department of Electricity, VISION College of Jeonju

요 약 최근 드론을 활용한 농약 살포 임무로 농민들의 작업 시간을 절약하고 농약 및 인체 유해성으로부터 보호되어 드론 보급이 활성화되고 있다. 기존 농약 살포 방식인 광역방제기와 헬기 방제에서 파생된 여러 단점 보완이 가능하다. 최근에는 스마트팜 확대 정책으로 IoT 기반의 다양한 작물의 생육 정보를 실시간 모니터링하고 핵심 변수에 대한 빅데이터 수집을 통해 최적의 생육 환경을 구축하여 수확 증대를 통한 농민의 수익 창출에 적극 활용되고 연관 드론 산업 기술도 발전되고 있다. 본 연구에서는 농업응용 분야의 다양성을 확보하기 위해서 비닐하우스 차광을 위한 작업에 드론을 적용하였고 차광막 살포와 관련된 기술 구현을 구체화하기 위하여 비닐하우스 환경에 대한 기초 연구를 실시하였다. 비닐하우스의 내부와 외부 환경을 고려하여 양질의 빛을 제공하기 위해 드론 노즐의 균일 살포를 위한 노즐설계, 비닐하우스의 투광률 분석, 차광제 도포 실험을 통하여 드론을 활용한 차광임무가 가능하도록 하는 기초연구를 수행하였다.

• 주제어 : 차광제, 스마트팜, 드론살포, 투과율, 생육환경

Abstract Recently, the distribution of drones is being activated by saving farmers' working time and protecting them from harmful human bodies from pesticides due to the mission of spraying pesticides using drones. It is possible to compensate for various shortcomings derived from the existing pesticide spraying method, wide-area control and helicopter control. Recently, the smart farm expansion policy has actively used it to generate profits for farmers by increasing harvests by monitoring growth information of various crops based on IoT in real time and collecting big data on key variables, and related drone industry technologies are also being developed. In this study, drones were applied to the work of shading greenhouses to secure diversity in agricultural application fields, and basic research on the greenhouse environment was conducted to materialize the technology related to shading. In order to provide high-quality light in consideration of the internal and external environment of the green house, basic research was conducted to enable light-shielding missions using drones through nozzle design for uniform spraying of nozzles of drones, light-transmitting rate analysis of green houses, and light-shielding agent application experiments.

• Key Words : Shading agent, Smart farm, Drone spraying, Transmittance, Growth environment

Received 30 September 2023, Revised 09 November 2023, Accepted 25 December 2023

* Corresponding Author Jin-Taek Lim, Department of Electricity, VISION College of Jeonju, 235, Cheonjam-ro, Wansan-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do, Republic of Korea. E-mail: jtl31223@naver.com

I. 서론

최근 다양한 먹거리 생산으로 계절과 상관없이 비닐하우스를 통하여 원하는 작물을 재배하고 수확하고 있다. 그러나 여름철 비닐하우스는 폭염으로 인하여 일소피해가 급증하고 수확 농민의 작업 부담 및 온열 질환이 발생된다[1]. 일소 피해는 작물이 오랜 시간 동안 강한 햇빛에 노출되어 작물이 상하고 수확량 및 작물의 상품 가치를 낮추는 원인이 되고 있다. 이를 방지하기 위하여 비닐 차광막을 설치하여 내부의 온도를 5°C 이상 낮추는 역할을 하고 있다.

하절기 고온다습한 환경으로 인해 휴작하고 있으며, 하절기에도 재배가 가능하도록 차광막을 설치하여 시설원에 분야에 적용하고 있으며 정밀도를 높이기 위하여 유리온실 내부 환경을 예측하기 위해 유동해석 시뮬레이션이 수행되고 있는 실정이다[2].

일반 비닐하우스는 생산량을 높이기 위해 판매 비닐 차광막 설치를 통하여 열과 빛을 차단하고 작물별 차단율을 고려하여 다양한 형태의 제품을 판매하고 있는 실정이다[3].

차광효과는 특정 작물을 대상으로 차광률에 대한 생육 및 수확량의 상관관계 분석을 실시하였으며, 중부지역의 뿌리식물 재배의 경우 차광률 75%가 가장 적합함을 보이고 있다[4]. 이는 식물 종별에 따른 비닐하우스 차광률을 다르게 하여 냉각효과 분석과 포그 분무와 차광에 의한 하우스 내부 온도 조절을 통하여 수확량을 높일 수 있는 방법이 연구되고 있다[5-6].

차광을 위해 사용되는 차광막은 한국환경공단에서 농업용 폐비닐을 처리하고 있지만 차광막은 이에 해당하지 않고 대형 생활폐기물로 처리되어 환경오염을 유발시키고 있다. 또한 차광막 설치하는 장시간 야외에서 작업을 진행하고 비닐하우스의 높은 곳에서 작업을 진행하고 있어 근로자의 위험성은 높아지고 있다.

기존의 차광막은 환경오염 및 사고 발생률이 높아 드론을 활용한 차광제 살포를 통해 차광 임무 수행이 필요하다. 드론을 통해 차광제 살포 시 인력 손실, 차광막 구입비용, 폐기물 처리 비용, 환경오염 방지, 차광 시간 단축 등의 다양한 장점을 내포하고 있으며 추가로 비닐하우스 내 양질의 빛을 제공할 수 있는 방안에 대한 마련이 필요하다.

드론을 활용한 살포 임무 수행은 대부분 농업용 방제드론으로 작물 벼에 집중되어 운영되고 있으며, 드

론 모델별 다양한 노즐을 장착하고 있어 드론 작업 환경 및 방제사의 주관적 운영에 따라 비산현상이 빈번히 발생되고 있는 실정이다.

최근 드론에 탑재가 가능한 차광제 페이트가 개발되고 이를 살포를 진행하고 있지만 드론에서 가장 많이 사용하고 있는 Teejet 사 노즐이다. Teejet 사 노즐의 균일 살포를 위해 기존의 노즐 사잇각 변화에 따른 초기속도와 관련된 연구가 선행되었다[7].

그러나 Teejet 사 노즐은 차광제 분사 시 노즐의 막힘 현상이 발생하는 단점을 내포하고 있다. 따라서 드론을 활용한 차광제 살포는 균일살포가 필수적이다.

본 연구에서는 비닐하우스의 내부와 외부 환경을 고려하여 양질의 빛을 제공하기 위해 드론 노즐의 균일 살포가 가능하도록 전용 노즐설계를 통하여 노즐을 국산화하였다. 또한 비닐하우스의 사용 연도에 따른 투광률 분석으로 차광제 살포 시 차광 효율을 실험하기 위한 데이터를 확보하였고 실제 균일 살포를 판단하기 위하여 차광제 도포 실험을 진행하였다.

위의 관련 기초 연구는 추후 IoT 기기와 연결하여 작물별, 비닐하우스 사용 연도별 차광제 살포 특성을 분석하고 차광제 분석 알고리즘 개발을 통한 제품 상용화를 목표로 한다. 따라서 드론을 활용한 비닐하우스 차광임무가 가능하고 차광 전 비닐하우스 비닐 특성과 차광제 살포 드론의 효율적 운영으로 차광제 임무 수행이 가능함을 확인할 수 있었다.

II. 관련연구

2.1 비닐하우스 차광

비닐하우스 차광은 작물의 생육환경에 영향을 미치며 비닐의 종류에 따라 사포닌 함량의 차이를 보이고 있다[8]. 또한 비닐하우스 시설의 방향에 따라 투광률 차이가 있어 지붕의 형태에 따라 방향을 달리하여 채광을 높여 여름철에도 재배가 유리한 결과를 나타내고 있어 빛을 차광하는 목적은 양질의 빛을 투과시키기 위한 수단으로 볼 수 있다.

따라서 1차적으로 차광제 사용 전 비닐하우스의 투광률 특성을 바탕으로 차광 후 비닐하우스의 차광률과 작물의 생육환경을 최적화하기 위해서는 지속적인 연구가 필요하다.

2.2 드론 살포

비닐하우스 차광막 작업 시 낙상사고, 폐기물 처리, 차광막 비용 등 다양한 측면에서 보완이 필요하다.

최근 드론을 활용하여 차광제 살포로 기존의 문제점 해결 가능성을 보이고 있다. 차광제는 녹말 성분으로 만들어진 친환경 차광제로 농작물과 가축을 폭염으로부터 차폐시키기 위한 차열 페인트이다. 차광제 도포를 통해 차광과 동시에 양질의 빛을 투과시켜 비닐하우스 내부 광원을 확보하고 온도를 낮춰 생육환경이 개선되고 있다. 그러나 반복된 사용으로 노즐의 막힘 현상이 발생하고 비산으로 인하여 다른 작물에 피해가 확산되어 차광제 작업의 효율이 낮은 실정이다. 본 연구에서는 노즐의 막힘 현상과 비산 현상을 줄일 수 있도록 노즐을 설계하였으며 동일 면적에 균일한 살포가 가능하도록 기존의 방제 전용 드론에 장착이 가능한 차광제 전용 노즐을 설계하였다.

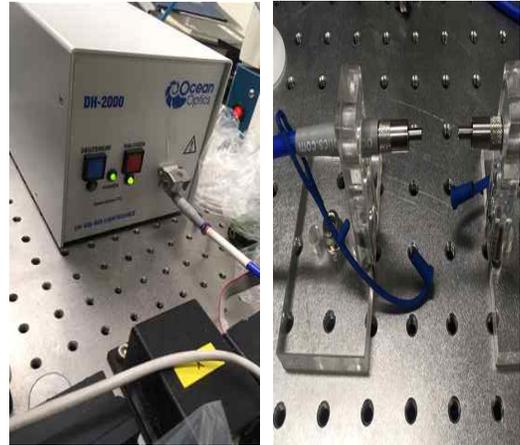
2.3 비닐하우스 투과율

Table 1. Years of use by type of plastic house

Composition	Specimen	Year of Use	Sample
Polyethylene Film	A	New Product	
	B	1 Year Use	
Polyolefin Film	C	1 Year Use	
	D	3 Year Use	
	E	4 Year Use	
	F	5 Year Use	

실험에 사용된 비닐은 방제 현장에서 수집된 비닐 하우스이다.

사용된 재료의 종류는 2가지로 분류되었다. PE 필름(폴리에틸렌)과 PO 필름(폴리올레핀)으로 시간에 따른 빛의 투과율 분석을 위하여 투과율 실험을 진행하였다. 분석에 사용된 실험 재료와 장비는 다음과 같다. Ocean Optics 사의 DH-2000 모델을 사용하였다.



(a) Equipment (b) Detector

Fig. 1. Transmittance measurement equipment

2.4 차광제 살포 노즐 설계

차광제 살포 노즐의 설계를 위해서는 방제드론의 특성을 고려하여 노즐 설계가 필수적이다.

Table 2. Operating Conditions for Light-shielding Spraying Drones

Operating Elements	Detailed criteria
Types of drones	Control drone
Drone flight altitude	3m
Spraying interval	3m 이상
Spraying time	360초 이상
Effective injection interval domain	Normal Altitude

방제 드론의 특성은 선행연구에서 살펴보았듯이 노즐의 유효간격[7], 드론 고도, 드론 유효살포 간격[9], 드론 살포 시간, 배터리 용량, 노즐의 간격 및 살포 균일[10-11] 등 다양한 데이터를 기준으로 차광제 살포 시 드론의 운용 조건을 동일시해야 한다. 차광제 살포 드론의 운용 조건은 다음과 같다.

III. 사례연구

3.1 비닐하우스 투과율 실험

본 연구에서 비닐하우스 종류 및 연도별 투과율을 분석하여 들른 차광제 입무 수행에 적용을 위한 기초 연구를 실시하였다. 표본을 스테이지 글라스에 올려놓고 측정한 결과 스테이지 글라스가 평균적으로 약 90%의 투과율을 보여주고 있다.

PO 새 제품의 경우 평균 약 67%이며, 1년 이후를 측정한 결과 43-55%에서 불규칙한 투과율을 보여주었다. 이는 설치 1년 이전까지는 약 67%의 투과율을 유지할 수 있지만, 1-5년의 경우 투과율의 차이가 다소 미소한 결과를 통해 1년 이상 사용한 경우 최대 5년까지 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

비닐하우스의 비닐 종류별 사용 연도를 고려한 차광은 새 제품 외 근소한 차이를 보여 차광효과를 분석에 있어 큰 영향이 없었다.

비닐의 종류와 사용 연도에 따른 투과율을 결과를 보이면 다음과 같다.

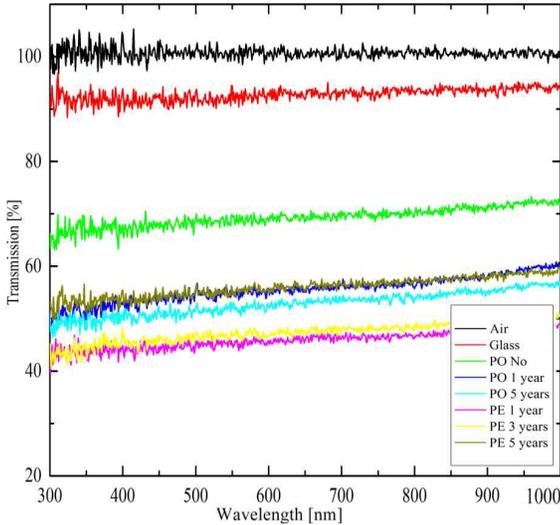
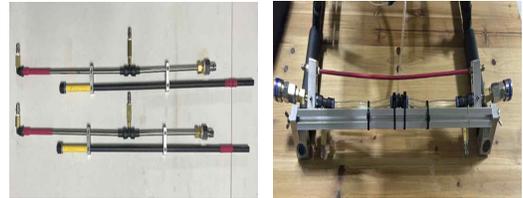


Fig. 2. Transmittance according to the type of plastic and the year of use

3.2 차광제 살포 실험

방제 드론에서 가장 많이 사용되고 있는 EFT 610, 616 제품에 장착이 가능하고 기존의 Teejet 사 노즐의 막힘 문제를 해결하기 위해서 균일 살포가 가능하도록 노즐을 설계하였다.

노즐 사잇각은 35°, 노즐 팁 사이즈는 1/4", 유량은 2.0 bar 이상, 재질은 스테인리스, 노즐 암바디+노즐 결합 후 길이가 3cm 이상이 되도록 설계하고 개발된 노즐의 설치는 다음과 같이 설치하였다.



(a) Left and right nozzle stand (b) Body fixture

Fig. 3 Transmittance measurement equipment

비닐의 종류별 평균 차광률과 도포면적을 보이면 표 3과 같다.

Table 3. Chart area and shading rate

Dilution Ratio (Pesticide:Water)	Drone Payload (L)	Pest Control Area (m ²)	Average Light Transmittance (%)
1:1	10	762.3	55



Fig. 4. Design nozzle light-shielding agent spraying experiment

비닐하우스 내 작물의 최적 생육환경을 조성하기 위해서는 광합성에 필요한 충분한 광량과 열관리를 위한 효과적인 온도제어가 필요하다.

따라서 과도한 차단을 방지하고 균일한 광원을 조성하기 위해서는 차광제의 균일도가 중요하다.

본 연구에서 개발된 노즐을 기반으로 차광제 살포 실험 결과 그림 4와 같이 생육환경에 도움을 줄 수 있는 차광제 균일도를 보이고 있다.

IV. 결론

본 연구에서는 방제 드론을 활용한 차광제 살포를 위한 기초연구로 IoT 기술에 접목하여 추후 스마트팜 구현으로 농민의 작물 생산량을 향상시키기 위해 관련 연구를 수행하였다. 비닐하우스의 일반적인 높이가 3m 이상으로 설치되고 차광막 설치 시 안전사고 노출의 위험성이 높아 이를 해결하기 위해 드론을 활용한 차광제 살포 작업으로 전환되고 있다.

높은 고도에서 드론으로 차광제 살포시 비산의 위험성으로 인해 2차 피해가 발생하고 기존 노즐의 막힘이 발생하여 새로운 노즐 개발이 필수로 드론을 활용한 차광제 살포 시 발생하는 근본적인 문제점을 해결하기 위하여 차광막 전용 노즐을 설계하였고 기존의 농업용 방제 드론에 탈부착이 가능하도록 구성하였다.

따라서 차광제를 살포하기 위하여 운영 매뉴얼을 구축하였고 이를 기반으로 안정적인 운영 매뉴얼에 맞춘 드론 노즐의 특성을 선정하여 구현하였다.

차광제 살포 노즐의 막힘 현상을 해결하기 위하여 시제품으로 제작된 노즐을 대상으로 노즐의 사잇각과 드론에 장착되어 있는 펌프 성능을 고려하여 차광제가 막히지 않는 노즐 압력 값을 도출하여 반영하였다. 또한 유효살포 간격을 유지하고 비산을 최소화하기 위하여 펌프 압력 세팅 값을 도출하였다.

노즐 테스트 전 차광효과를 수치적으로 산출하고 추후 연구와 연계를 위하여 비닐하우스 비닐의 종류 및 사용 연도에 따른 투과율 분석을 실시하였다. 이는 비닐하우스 내 투과되는 빛의 양에 따른 식물의 최적 생육환경을 조성할 수 있다. 또한 차광제 살포 양에 따른 빛의 양의 상관관계를 분석하고 실시간 IoT 기술을 접목하여 차광제 살포량을 조절하기 위하여 드론 활용 차광제 스마트팜 구축과 관련된 연구를 추진하고자 한다.

ACKNOWLEDGMENTS

본 과제(결과물)는 교육부와 한국연구재단의 지원으로 지원을 받아 수행된 3단계 산학협력 선도전문대학 육성사업(LINC 3.0)의 연구결과입니다.

REFERENCES

- [1] J. W. Choi, M. J. Kim and J. Y. Lee, "Evaluation of the Farmers' Workload and Thermal Environments during Cucumber Harvest in the Greenhouse", Journal of The Korean Society of Living Environmental System, vol.9 No.3, pp. 245-253, 2002.
- [2] I. S. Jeong, C. G. Lee, L. H. Cho, S. Y. Park, M. J. Kim, S. J. Kim and D. H. Kim, "Development and Validation of Inner Environment Prediction Model for Glass Greenhouse using CFD", Protected Horticulture and Plant Factory, vol.29 no.3, pp. 285-292, 2020.
- [3] Y. S. Kwon, E. J. So, S. H. Lee, I. J. Kim, S. D. Kim, C. W. Jeong and D. I. Kim, "Effects of Shading Materials on the Greenhouse Environment and Growth of Grape in 'Jaok' Grape" HORTICULTURE ABSTRACTS, vol.37 no.2, pp. 126, 2019.
- [4] J. D. Song, "Practical Use and Efficiency of Agricultural Drones : Focusing on the Comparative Efficiency Analysis of Drones and Pest Control Machines", Korean Journal of Social Quality, vol.4 no.2, pp. 1-18, 2020.
- [5] H. K. Chang, J. J. Park and C. W. Kim, "Analysis of the Cooling Effect of a Smart Glass Greenhouse Using Cooling Fan, Vinyl Barrier, and Shading Net", Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers - A, vol.45 no.10, pp. 945-951, 2021.
- [6] M. Y. Lim, H. J. Jeong, M. Y. Roh, G. L. Choi, S. H. Kim and S. H. Choi, "Changes in Greenhouse Temperature and Solar Radiation by Fogging and Shading During Hydroponics in Summer Season", Journal of Bio-Environment Control, vol.30 no.3, pp. 230-236, 2021.
- [7] J. T. Lim, W. R. Lee and S. B. Lee, "Application of Drone to Prevent the Spread of Green Tides in Lake Environment", The Journal of Korea Institute of Convergence Signal Processing, vol.24 no.1, pp. 27-33, 2023.
- [8] D. W. Kim, J. Y. Kim, D. H. You, C. S. Kim, J. M. Kim, S. W. Lee, K. I. Kim, S. M. Jang, H. Y. Lee and B. C. Lee, "The Comparison of Growth and Main Composition by Various type of Shading Film in Ginseng Cultivated plastic film house", The Korean Society of Medicinal Crop Science, pp. 49-50, 2012.

- [9] J. T. Lim, "A Study on the Characteristic Analysis of the Pest Control Drones Using Smart Operating Mode," Journal of Convergence for Information Technology, vol.9, no.10, pp. 108-113, 2019.
- [10] J. T. Lim, "Development of Spray Calculation Algorithm Using the Pest Control Drones," Journal of Convergence for Information Technology, vol.10 no.10, pp. 135-142, 2020.
- [11] H. W. Chung, Y. G. Ha, M. H. Im, J. E. Shin, J. A. Do, J. H. Cho, K. S. Kwon and S. H. Park. "Establishment of 22 Pesticide MRLs in Agricultural Products based on Risk Assessment", Korean J Environ Agric, vol.30 no.2, pp. 156-162, 2011.

저자소개

오 응 진 (Ungjin Oh)



2013년 2월 : 경상대학교
전기공학과(공학사)
2016년 2월 : 경상대학교
전기공학과(공학석사)
2016년 2월 : 경상대학교
전기공학과(공학박사)
2022년 2월~현재 : 굿세라(주)
연구소장

관심분야 : UAM, 드론설계, ESS

임 진 택 (Jin-Taek Lim)



2011년 2월 : 경상대학교
전기공학과(공학사)
2013년 2월 : 경상대학교
전기공학과(공학석사)
2016년 2월 : 경상대학교
전기공학과(공학박사)
2019년 2월~현재 : 전주비전대학교
조교수

관심분야 : 시스템, 농업용드론, 온라인 정보시스템