

농업용 방제드론의 방제면적 산출 알고리즘에 관한 연구

임진택

전주비전대학교 전기과 교수

Development of Spray Calculation Algorithm Using the Pest Control Drones

Jin-Taek Lim

Professor, Department of Electricity, VISION College of Jeonju

요약 최근 농업분야에서는 드론의 보급으로 인하여 노령화를 해결하기 위한 4차 산업 혁명의 중요 기술로 분류되고 있다. 특히, 초경량비행장치 멀티콥터의 국가 자격증을 취득하고자하는 연령대가 다양하고 취득 후 수익 활동을 위한 분야로는 드론을 활용한 영상 촬영 및 방제가 대표적이다. 그러나 드론을 활용한 방제기술은 조종자의 조종 기술의 의존도가 높아 조종 숙련에 따라 살포효과의 차이가 발생한다. 이를 보완한다면 농업의 방제분야의 활용도가 다양해 질 것으로 기대된다. 대표적인 보완 기술은 농업용 방제드론의 기체 특성을 고려한 정확한 방제면적이 산출이다. 본 논문에서는 농업용 방제드론의 살포 특성 분석을 위하여 유효살포시간, 유효살포간격을 정식화하고 방제드론 종류에 따른 정확한 방제면적 산출이 가능한 알고리즘을 제안한다. 추후 본 알고리즘을 기반으로 드론방제사의 비행 방식에 따른 비산 문제를 개선하고 최적의 방제 매뉴얼을 구축하여 방제 현장에 활용하고자 한다.

주제어 : 농업용 방제드론, 방제면적 산출, 스마트 농업, 살포 물량, 약량

Abstract In the recent farming industry, there is a growing diffusion of drones, which are recognized as a crucial technology of the 4th industrial revolution to cope with aging. Especially, filming and pest control using drones are representative fields that have different age groups for obtaining a national license of multicopter that is a ultra-light flying device, and can create profits after getting a license. However, pest control technology using drones has different spray effects depending on levels of operational proficiency, since this highly relies on an operator's operating skills. It is anticipated that if this issue is supplemented, the use of drones for pest control in the farming industry will diversify. For analysis of spraying characteristics of agricultural pest control drones, this study aims to formulate effective spraying hours and effective spraying intervals and suggest an algorithm, which facilitates an accurate calculation of pest control area depending on the kinds of pest control drones. This algorithm can be used in the field of pest control by improving scatterling issues caused by drone flight methods of drone pest controllers and building an optimum pest control manual in future.

Key Words : Pest Control Drones, Calculation of spray area, Smart farm, Spray volumes, Dosage

1. 서론

현재 4차 산업혁명과 관련된 국내 드론산업은 드론의 활용성이 현실화되고 수익사업으로 창출되는 시점

에서 드론의 장단점이 명확히 구분되고 있다. 특히 현장에서 단순한 드론이 아닌 드론과 연계된 서비스 및 시스템 측면의 도입이 진행되고 있다. 이러한 산업 변화에 따라 다양한 문제점을 극복하고자 관련 연구가 진

*This research was supported by funds of Vision College of Jeonju

*Corresponding Author : Jin-Taek Lim(jt131223@naver.com)

Received September 14, 2020

Accepted October 20, 2020

Revised October 6, 2020

Published October 28, 2020

행되고 있는 실정이다[1]. 드론은 통신과 밀접한 관계가 있으며, 이를 제어하기 위한 다양한 임무장비로 인하여 이를 효율적으로 운영하고 특수 목적에 맞는 드론을 개발하여 이를 규격화와 표준화를 동시에 추진하는 연구가 수행되고 있다[2].

농업분야에서는 농업용 방제드론은 농약 살포에만 국한되어있지 않고 방제사 작업관리, 농약관리, 토양관리, 예찰, 병충해 관리, 작물관리, 드론 기체 관리 서비스 등 전체 시스템측면으로 농업분야에 적용하고 운영 관련 기술 보급이 시급한 실정이다. 단순히 방제용 드론을 보급하여 수익을 발생시키는 구조에서 벗어나 드론시스템을 통하여 예상되는 수익은 클 것으로 예상된다. 이는 현장에서 사용하고 있는 소비자의 요구의 수준과 기대치가 높아졌기 때문이다. 이와 관련하여 농업분야에서는 군집드론 제어시스템 기초 연구가 수행되고 있다[3].

또한 드론을 활용한 드론 방제에 있어 핵심 요소로는 농약에 대한 빅데이터 수집 및 분석이 필요하다. 농약은 병해충으로부터 작물을 보호하고 작물 생산량을 증대시킨다. 2019년 PLS(Positive List System) 제도 도입 및 시행으로 인하여 국민의 안전한 먹거리 확보를 위하여 농산물잔류허용 기준을 0.01ppm으로 적용하였다[4,5]. 기존의 살포 방식인 분무기, 광역방제기, 헬기를 통한 농산물잔류허용 기준을 만족하기 어려울 것으로 판단하여 드론으로 대체가 이루어지고 있는 실정이다[6,7]. 드론 전용 농약인 UAV 농약은 기존의 농약보다 고농도로 구성되어 있어 보다 정확한 노즐의 살포 특성과 비산현상을 고려해야한다. 이러한 환경적 요소를 충족하기 위하여 분사 시스템을 구축하고 이를 통하여 살포 특성을 평가하고 유효살포 폭을 정의하는 기초 연구가 발표되고 있다[8]. 하지만 드론 회로시스템의 불안정으로 인하여 펌프 전원 공급의 불확실성이 발생하고 이로 인하여 노즐의 살포량이 일정치 않아 실제 현장을 고려한 국내 살포 특성연구는 미흡한 실정이다. 이를 보완하고자 기존의 DJI사의 FC(Flight Control)을 탑재한 방제특성 연구가 선행되었다[9].

현재 방제용 드론의 핵심 부품인 FC는 대표적으로 중국의 DJI사의 N3, A3, JIYI사의 K3A PRO, K++, 미국의 3DR사의 Pixhawk 시장에서 활용되고 있다. 기존의 중국 DJI사의 보안시스템 강화로 DJI사의 임무장비 외의 장치는 호환이 불가능하여 FC 부품의 국산

화가 시급한 실정이며 오픈소스를 활용한 FC개발 및 지도제작과 관련하여 연구가 수행되고 있다[10].

급변하는 국내 드론 산업에서 농업용으로 사용 중인 드론의 자체탐제 물량의 살포량 및 살포 균일도를 높이고 방제 작물에 정확한 정밀방제 임무를 수행하기 위해서는 지속적인 농업용 드론 방제 표준을 구축하고 드론을 이용한 정보관리의 필요성이 증대되고 있다[9]. 그러나 국내 드론 산업은 급속도로 발전했으며 방제를 위한 드론 활용시기도 단기간에 발전하여 실제 기체의 방제특성과 현장에서의 방제 효과는 큰 차이를 보이고 있다. 이러한 문제점으로 인하여 드론방제관련 연구들이 진행되고 있는 실정이다. 국내에는 살포기 종류별 농약 부착량 비교 시험을 진행한 스프레이 특성연구가 진행되고 분무 노즐 특성 분석을 통한 노즐 액적 크기, 상용 방제노즐에 대한 노즐별 살포 특성을 제시하고 있다[12]. 그러나 실제 농업용 드론에 접목하여 비행중인 상태에서의 드론 살포 특성을 파악한 사례와 관련 연구가 미흡한 실정이다.

드론을 활용한 정밀 방제를 위해서는 1단계로 드론의 노즐 살포 특성 파악이 선행되어야 하고 2단계로는 방제사의 비행 방식에 따른 실제 방제면적 파악이 필수적이다. 본 논문에서는 드론의 모델에 따른 속도별, 고도별 노즐 살포 특성을 산출하여 방제사의 드론 운영 방식에 따른 정확한 면적 산출이 가능하고 면적당 농약 농도를 구현할 수 있는 알고리즘을 개발하고자 한다. 이를 통하여 드론 방제사의 실제 방제면적 산출이 가능하다.

본 논문에서 개발된 알고리즘은 제조사와 관계없이 국내에 보급되어 있는 모든 농업용 드론의 실제 살포 특성 파악이 가능하고, 이를 통하여 드론 방제사의 살포 정밀도를 높여 PLS(Positive List System) 제도에 맞춘 방제 작업이 가능하다. 또한 드론 방제 시 농약의 비산으로 인한 인접한 논, 밭의 오염을 예방하고, 본 연구의 정량적인 결과를 통하여 PLS 제도 시행 후 발생하는 다양한 민원 및 분쟁을 감소시켜 방제사 및 농가의 피해를 최소화하고자 한다. 2장에서는 드론을 활용한 방제면적 산출의 핵심 요소인 유효살포 시간, 유효살포 간격을 정식화하였으며, 3장에서는 두종류의 드론 모델에 개발된 알고리즘을 적용하여 면적을 산출한 결과를 기술하였고 결론 및 추가 연구에 대한 방향을 제시하고자 한다. 향후 개발 알고리즘을 통하여 노즐의 특성 분

석, 비산현상 감소, 바람의 속도 및 방향, 액적 등을 고려한 실제 방제 현장에 맞는 최적의 방제 면적 산출 및 운영 매뉴얼 구축에 활용하고자 한다.

2. 관련연구

기존의 농업용 드론의 기체특성과 노즐의 살포 수행 능력에 대한 방제용 드론 모델별 정밀방제를 수행하기 위해서는 현재 사용하고 있는 농업용 방제 드론의 종류에 따른 실제 방제 면적을 산출이 필수적이다. 방제 면적을 산출하기 위해서는 드론별 기체 및 노즐별 특성요소를 바탕으로 방제 면적을 정확하게 파악 할 수 있는 수식개발 및 산출 알고리즘 개발이 필요하다. 여기서 정밀방제는 농약 사용을 최소화하고 고품질 농산물을 생산하는 농약 살포기술로 살포 패턴 및 균일도 분석을 통하여 항공방제의 살포 균일도 파악이 중요하다 [13]. 이러한 분석에 앞서 국내 보급되어 사용 중인 농업용 드론의 실제 방제 면적 산출이 우선시 되어야 한다. 방제사가 운영 예정인 방제드론의 살포 특성을 파악하여 방제의 효율을 극대화 시키고 농약의 정량을 파악하여 토지별 농약 사용량에 대한 관리 및 약해에 대하여 사전 대처가 가능할 것으로 사료된다. 또한 농업용 방제 드론의 종별 방제특성 파악이 가능하고 비행 시 기체의 제원표에 제시되어 있는 살포 능력의 모호성을 해결하기 위해서는 실제 비행 중의 살포 능력과 비교하고 이를 보완하여 농업용 방제드론의 성능 표준화가 가능한 관련 알고리즘 개발이 필수적이다.

2.1 농업용 방제드론 살포특성 정식화

국내에서 사용하고 있는 농업용 방제드론은 종류가 다양하고 부품의 종류에 따라 차이가 있다. 또한 살포와 관련된 펌프의 부품이 동일한 경우에도 전체 기체를 구성하고 있는 모터, 프로펠러, 노즐, Fly control, 회로시스템의 구성에 따라 펌프의 동작의 소모 전력의 차이로 인하여 실제 농업용 방제드론의 살포 능력이 현장에서 다르게 나타나고 있는 실정이다. 동일한 물량의 살포 시 이륙 전, 이륙 후 분사시간의 차이는 전원분배 및 제어시스템의 신뢰도가 낮은 것을 의미한다. 국내에 유통되고 있는 모든 드론 부품을 대상으로 살포 성능을 평가하기에는 시간적 측면과 부품의 다양성으로 인하여 환경 적응성이 떨어진다. 본 논문에서는 농업용 방제드론의 분사시간과 살포 간격을 고려하여 범용성이

높은 살포 특성 분석이 가능한 알고리즘을 제안하고자 한다.

1) 농업용 방제드론의 분사시간

기존에 보급되어 있는 농업용 방제 드론의 살포 능력을 파악하기 위해서는 노즐 및 펌프의 종류에 따라 살포 능력이 정해질 수 있다. 그러나 농업용 방제드론은 비행 시 살포 능력이 결정되는 중요한 독립변수로는 모터, 프로펠러, 노즐, FC(Flight Controller), 펌프 등 다양한 부품으로 구성된 각 부품의 관계 기능을 고려한다면 정밀살포가 가능하다. 그러나 이러한 모든 변수를 고려하기에는 물리적, 시간적 제약이 존재하여 부품의 신뢰도를 고려한 모든 특성을 파악하기에는 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 저비용으로 제품 모델별 살포 능력을 산출이 가능한 알고리즘 개발을 위해 농업용 방제드론 업체의 모델별 유효분사시간을 파악하는 것이 중요하다. 또한 기존에 연구된 모의분사 장치 및 분사 실험 결과는 이륙 전 분사시간, 이륙 후 호버링 상태의 분사시간, 이륙 후 비행 상태의 분사의 통합적인 개념으로 볼 수 있으나 본 논문에서는 정확한 살포 능력을 분석하기 위한 분사시간에 대한 개념을 4가지로 분류하여 표현하기로 한다.

표 1은 이륙 전 분사시간, 이륙 후 호버링 상태의 분사시간, 이륙 후 비행 상태의 분사, 이륙 후 탑재물량에 따른 분사시간, 이륙 후 속도별 분사시간으로 세분화하여 나타낸 것이다.

Table 1. Subdivision and Application of Spray Time

State	Kind of Spray Time	Application
Aircraft non-operation	Spray time before take-off(ART_i)	Impossible
Aircraft operation	Spray time during hovering(AHT_i)	Possible
Operation considering the payload	Spray time depending on the payload(AQT_i)	Possible
Operation considering the speed	Spray time depending on the speed(AOT_i)	Possible

살포 분사시간은 기체의 이륙 상태, 탑재물량, 속도를 고려한 분사시간을 파악하여 면적 산출 적용 시 오차가 최소화된다. 이를 유효분사시간으로 정의하고 면적 산출을 정식화 하면 다음과 같다.

$$AT_i = ART_i \times WT_i \quad (1)$$

$$WT_i = \left(\frac{AOT_i - ART_i}{ART_i} \right) + 1 \quad (2)$$

$$HWT_i = \left(\frac{AHT_i - ART_i}{ART_i} \right) + 1 \quad (3)$$

단,

i : 농업용 방제드론의 종류

AT_i : 농업용 방제드론 i 의 방제 분사시간[s]

WT_i : 농업용 방제드론 i 의 방제 분사시간 가중치[pu]

HWT_i : 농업용 방제드론 i 의 호버링 분사시간 가중치[pu]

ART_i : 농업용 방제드론 i 의 이륙 전 분사시간[s]

AOT_i : 농업용 방제드론 i 의 비행 시 분사시간[s]

AHT_i : 농업용 방제드론 i 의 호버링 분사시간[s]

탑재물량 종류 j 에 따른 분사시간 가중치를 적용하기 위해서는 방제드론의 기체 모델과 펌프의 출력 특성함수 분석 및 모델링이 필요하다. 본 논문에서는 기체별 살포 테스트를 통하여 최소제곱법(Method of least squares)을 활용하여 방제드론의 등가 살포 특성함수를 나타내었다. 최소제곱법에서 미지수 β_0, β_1 를 편미분한 파라미터 추정 값은 다음과 같이 나타내고 있다.

$$\min \sum_{i=1}^n Y_i - (\beta_0 + \beta_1 X_i)^2 \quad (4)$$

$$\hat{\beta}_0 = \bar{Y} - \beta_1 \bar{X}$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

탑재물량에 j 에 따른 방제드론 i 의 등가분사시간 특성곡선을 모델링하면 다음과 같다.

$$f_Q(X) = \hat{Y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X \quad (5)$$

농업용 방제드론별 탑재물량 및 비행 속도에 따른 유효분사시간을 정식화하면 다음과 같다.

$$OWT_{ij} = \left(\frac{AST_i - AOT_i}{AOT_i} \right) + 1 \quad (6)$$

$$ET_{ij} = \hat{Y}_{ij} \times OWT_{ij} \quad (7)$$

단,

OWT_{ij} : 농업용 방제드론 i 의 속도별 농약 j 분사시간가중치[pu]

AST_{ij} : 농업용 방제드론 i 의 속도별 농약 j 분사시간[s]

ET_{ij} : 농업용 방제드론 i 의 농약 j 유효분사시간[s]

2) 농업용 방제드론의 유효분사 간격

농업용 방제드론의 가장 핵심 기술은 각각의 기체별 유효살포 간격을 파악하는 것이다. 그러나 드론 기체별, 노즐의 특성에 따라 유효살포 간격이 다르게 나타나고 있다. 농업용 방제드론의 유효살포 간격을 고려하기 위해서는 작물별 기체의 높이, 노즐 종류, 기체의 속도, 기상 조건, 노즐의 배치 간격, 액적의 크기, 농약의 종류, 방제사의 조중속률도에 따라 다양하게 고려할 필요가 있다. 현재는 농약의 살포의 균일도를 중심으로 유효살포 폭을 산정하여 분사성능 평가가 이루어지고 있다[4]. 본 연구에서는 현장에 접목이 가능하고, 비행 시 실시간 살포의 균일도를 포함하며, 드론 운용 환경에 적합한 유효살포 폭의 개념을 표현하고, Mapping 이 가능한 Domain을 표현하고자 한다.

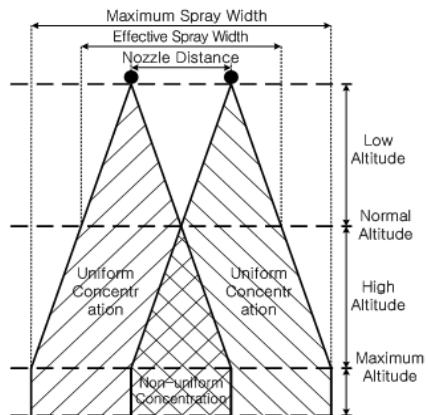


Fig. 1. A Standard Concept of Effective Spray Width Area of Farming Pest Control Drones

농업용 방제드론의 유효분사 간격을 파악하기 위해서는 유효분사시간 파악이 선행되어야 한다. 농업용 드론의 호버링 시, 속도별 비행 시 유효분사 시간이 다르기 때문에 액적의 부착율, 농도 차이가 발생하게 된다.

유효살포 폭은 Domain 정의에서 제시된 정상영역에서 고도를 유지할 경우 살포의 균일도 평가가 가능하다. 세부 내용으로 액적의 크기 및 부착율 요소들을 고려한다면 농작물별 유효분사 및 정확한 농약 물량 산출이 가능하다. 그러나 비행 시 기체의 고도 변화로 인하여 유효살포 폭이 다르게 나타나기 때문에 고도 변화의 허용 범위 및 표준 기준을 선정하기 위해서는 실제 현장에서 수집되는 빅데이터 분석, 방제사 노하우, 단위면적당 살포 물량 분석, 감수위 분석 등 다양한 요소를 고려한 기준 선정과 관련하여 추가 연구가 필요하다. 본 연구에서 기체 고도를 고려한 유효살포 간격을 정식화하면 다음과 같다.

$$ND_{AB_i}(t) = \frac{(AL_i^* - \Delta AL_i(t))}{AL_i^*} \quad (8)$$

단,

$ND_{AB_i}(t)$: 농업용 방제드론 i의 유효살포 간격[m]

AL_i^* : 농업용 방제드론 i의 기준고도[m]

$\Delta AL_i(t)$: 농업용 방제드론 i의 비행 시 고도 변화량[m]

$\Delta AL_i(t) = AL_i^* - AL_i'(t)$

$\Delta AL_i(t) = \text{minimum}\{AL_i'(t)\}$

3) 농약 종류별 분사간격

농업용 드론방제 시 잔류농약허용기준인 PLS법(Positive List System)을 충족하기 위해서는 농약별 희석 배율에 따라 농업용 방제드론에 탑재 후 방제를 실시하여야 한다. 그러나 드론 방제사의 비행 조작법에 따라 드론의 속도 차이로 인하여 단위 면적당 농작물에 부착되는 농약의 농도가 달라지는 문제점이 발생한다. 특히 UAV 전용 약제는 일반 농약보다 고농도로 구성되어있다. 이로 인하여 병해충 발생 및 잔류농약허용 기준을 초과하게 되는 문제점이 발생하고 있다. 또한 농약별, 농약 혼합별 액적의 크기가 차이가 있으며 살포 간격에도 차이가 발생한다. 이를 고려하여 정식화하기 위해서는 실제 운영적인 측면을 고려해야한다. 먼저 물을 탑재하고 방제 드론의 살포 간격을 측정후 농약별 살포 간격 가중치를 분석하여 적용한다면 현장에서 쉽게 기체의 특성 파악이 가능하다.

$$ND_{AB_{ij}} = SAS_i \times W_{ij} \quad (9)$$

단,

i : 농업용 방제드론의 종류

j : 농업용 방제드론에 되는 물량의 종류

SAS_i : 농업용 방제드론 i의 물 분사간격

W_{ij} : j 농약을 탑재한 농업용 방제드론 i의 분사간격가중치[pu]

$ND_{AB_{ij}}$: j 농약을 탑재한 농업용 방제드론 i의 유효살포 간격[m]

4) 농업용 방제드론 종류 및 탑재 농약별 속도를 고려한 방제 면적

$$\begin{aligned} FGA_{ij} &= ND_{AB_{ij}} \times \int_A^D |v(t)| dt \\ &= ND_{AB_{ij}} \left(\int_A^B v(t) dt + \int_C^D -v(t) dt \right) \end{aligned} \quad (10)$$

단,

$A \sim B$: 농업용 방제드론 직진 비행 구간[m]

$C \sim D$: 농업용 방제드론 후진 비행 구간[m]

FGA_{ij} : 총 방제면적[m²]

2.2 농업용 방제드론 면적산출 알고리즘

본 연구에서는 정밀 방제 임무 수행을 위해서는 살포 성능 평가가 필요하다[8]. 국내에서는 농업용 방제드론의 임무를 수행하기 위한 각 부품들로 구성이 되어 있지만 비행 시 높은 전력소모로 인하여 펌프에 인가되는 전력 분배의 효율이 낮아지고, 전류가 일정치 않다. 이는 살포 능력에 직접적인 영향을 미친다. 이를 보완하기 위해서는 기존의 시스템을 기준으로 살포 성능을 분석할 수 있는 알고리즘이 필요하다. 본 논문에서는 국내에 보급되어 있는 완제품 드론의 살포 성능 분석이 가능한 알고리즘을 제안하고자 한다.

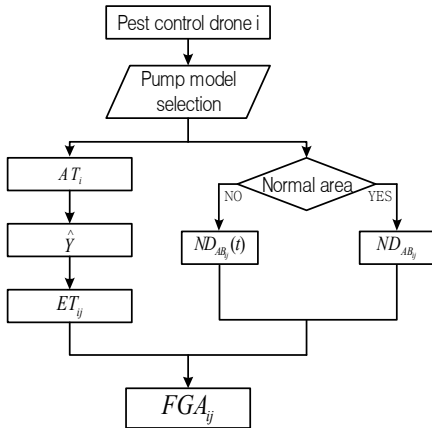


Fig. 2. A Flow Diagram of Farming Pest Control Area Calculation

3. 농업용 드론 기체별 살포 면적

3.1 농업용 방제드론 장비

본 연구에서 사용된 장비는 국내에서 판매되고 있는 두 업체의 제품을 대상으로 실험하였다. 국내 농업에 활용되고 있는 드론의 종류는 중국제품과 국산제품이다. 또한 대부분의 드론 노즐은 XP계열을 사용하고 있다. 본 연구에서는 중국제품이며 XP계열의 노즐을 사용하고 있는 드론 모델과 국산제품이며 노즐을 자체 제작하여 특허 받은 제품을 장착한 드론이다. 노즐에 따른 특성 분석에 앞서 중국 조립제품과 국산 제품을 비교하기 위하여 10L 분사 조건으로 기체당 200회 비행을 실시하였으며, 분사조건을 동일하게 적용하기 위하여 XP계열의 노즐(최대분사속도 0.8L/min, 물방울입자크기 300~600um, 총 토출 노즐 개수 5개), 펌프(DC12V, 3.5/min, 0.48MPa), 배터리(Li-Po 6셀 22000mAh 30C), 조종기(작동주파수 2.4GHz)를 동일 제품으로 구성하였다.

3.2 농업용 방제드론 분사 시간 측정

물량의 종류로는 물을 사용하였다. 현장에서는 지역별 사용하는 농약의 종류가 다르고 모델별 유효분사시간 및 유효분사간격을 측정하기 위해서는 살포를 수행해야하므로 안전성을 고려하여 물을 탑재하고 추후 농약별 가중치 데이터를 분석하여 알고리즘에 적용이 가능하도록 구성되었다. 본 실험에서 기체별 토출물량 평균 분사 시간 측정 결과는 다음과 같다.

Table 2. Measurement of Average Effective Spray Time of Discharge of Each Aircraft During Flying

Discharge [L]	Average Spray Time[S]	
	A Aircraft	B Aircraft
0	0	0
1	28	25
2	56	49
3	88	75.5
4	113	100
5	144	124
6	178	155
7	200	177
8	239	206
9	269	236
10	298	255

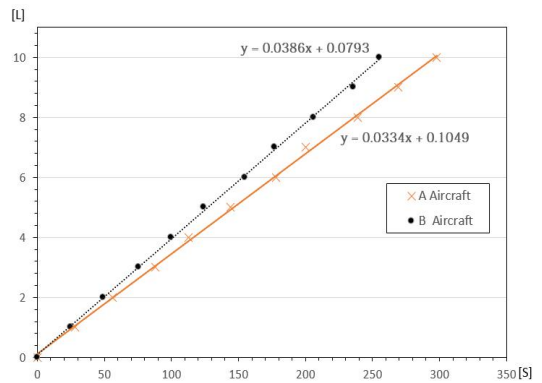


Fig. 3. A Characteristic Curve of Equivalent Effective Spray Time of Individual Farming Pest Control Drones

3.3 방제 면적 산출 결과

국내에 보급되어 있는 농업용 방제드론의 방제 면적 산출이 가능한 알고리즘을 개발하였다. 알고리즘의 입력데이터는 개인이 운영하고 있는 드론의 노즐 살포시간, 살포 간격, 비행속도, 탑재물량의 4가지 정보를 통하여 방제드론의 살포 특성 파악이 가능하다. 산출결과를 보이면 다음과 같다.

Table 3. Measurement of Average Effective Spray Time of Discharge of Each Aircraft During Flying

Discharge [L]	Effective spray width area	Flying speed [%]	A Aircraft			B Aircraft			
			Spray interval [m]	Spray time [s]	Pest control area [m ²]	Spray interval [m]	Spray time [s]	Pest control area [m ²]	
0			0	0		0	0		
1	Normal area	3	4.6	28	386		25	345	
2				56	772		49	676	
3				88	1214		75.5	1041	
4				113	1559		100	1380	
5				144	1987		124	1711	
6				178	2456		155	2139	
7				200	2760		177	2442	
8				239	3298		206	2842	
9				269	3712		236	3256	
10				298	4112		255	3519	

4. 결론

본 논문에서는 방제 시 기존의 살포장치의 비산현상 문제로 인한 심각성이 대두되고 있음에 따라 PLS법을 만족시키기 위한 정밀방제를 요구하고, 방제드론을 활용한 방제 시장이 점차 확대되고 있는 실정이다. 방제 드론은 UAV 전용 약제를 사용하고 고농축으로 구성되어 있다. 조작 미숙으로 인한 저농도 살포 시 병충해가 발생하고 고농도 살포 시 약해 현상이 발생하는 어려움 속에 직면하고 있는 실정이다. 그러나 드론 방제사는 수동조작, 반자동 조작, 자동 조작 등의 다양한 형태의 운영방식으로 인하여 실제 방제드론의 살포 특성을 정량적으로 파악이 불가능하다. 따라서 국내에 보급되어 있는 방제드론 종류에 따른 정확한 방제면적 산출을 위하여 드론 모델별, 물량별 유효분사시간 및 유효분사 간격을 정식화 하였다.

살포 특성을 측정하기 위하여 동일 조건의 노즐 및 펌프를 장착하여 유효분사시간을 측정한 결과 등가유효분사시간의 특성곡선 차이에 따라 노즐의 살포량 차이가 있음을 확인하였다. 또한 드론별 제원표 상의 살포량을 정확하게 파악할 수 있었다.

본 연구에서 개발된 알고리즘을 통하여 드론별 간략한 실험을 통하여 드론의 기체별 살포 특성 파악이 가능하지만 실제 농약의 종별 비산에 대한 데이터 취득을 통하여 비교 분석이 필요하다. 그러므로 향후 연구에서는 감수지를 활용한 액적 양 산출 실험을 통하여 알고리즘의 정량적 결과 값과 비교 분석하여 방제사의 비행 방식에 따른 알고리즘 보완 및 시스템 구축을 통한 최적의 드론방제 매뉴얼 구축 연구가 필요하다.

REFERENCES

- [1] J. D. Lee & C. M. Heo. (2020). The Effect of Technology Acceptance Factors on Behavioral Intention for Agricultural Drone Service by Mediating Effect of Perceived Benefits. *Journal of Digital Convergence*. 18(8), 151-167. DOI : 10.14400/JDC.2020.18.8.151
- [2] Y. S. Ha. (2019). A Study on the System Configuration and Communication Equipment Operation for Mission and Control of Small UAV. *Journal of Convergence for Information Technology*, 9(11), 118-124. DOI : 10.22156/CS4SMB.2019.9.11.118
- [3] C. Y. Ju. (2018). Design of Supervisors for the Control of Agricultural Multiple UAV Systems: A Preliminary Result. *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, 24(11), 1005-1013. DOI : 10.5302/J.ICROS.2018.18.0161
- [4] H. W. Chung, Y. G. Ha, M. H. Im, J. E. Shin, J. A. Do, J. H. Cho, K. S. Kwon & S. H. Park. (2011). Establishment of 22 Pesticide MRLs in Agricultural Products based on Risk Assessment. *Korean J Environ Agric*, 30(2), 156-162. DOI : 10.5338/KJEA.2011.30.2.156
- [5] H. Y. Kim, S. H. Yoon, H. J. Park, J. H. Lee, I. S. Gwak, H. S. Moon, M. H. Song, Y. M. Jang, M. S. Lee, J. S. Park & K. H. Lee. (2007). Monitoring of Residual Pesticides in Commercial Agricultural Products in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol*, 39(3), 237-245. DOI : 10.35272/jaet.2019.12.2.77
- [6] J. H. Kim, S. J. Nam & J. Y. Song. (2020). Susceptibility of Pine Wood Nematode Vectors to ULV Insecticides Sprayed from an Unmanned Helicopter. *Korean Journal of Applied Entomology*. 59(2), 83-91. DOI : 10.5656/KSAE.2020.03.0.005
- [7] Y. D. Jin, H. D. Lee, Y. K. Park, J. B. Kim & O. K. Kwon. (2008). Drift And Distribution Properties Of Pesticide Spray Solution Applied Aerially By Manned-Helicopter. *The Korean Journal Of Pesticide Science*. 12(4), 351-356.
- [8] S. K. Kim, D. Y. Lim & S. Y. Jung, J. (2019). Low Cost Evaluation Method of Agricultural Drone with Simulated Spraying System. *J. of Advanced Engineering and Technology*, 12(2), 77-84. DOI : 10.35272/jaet.2019.12.2.77
- [9] J. T. Lim. (2019). A Study on the Characteristic Analysis of the Pest Control Drones Using Smart Operating Mode. *Journal of Convergence for Information Technology*, 9(10), 108-113. DOI : 10.22156/CS4SMB.2019.9.10.108
- [10] I. Y. Hong & B. A. Chun. (2020). Participatory Mapping Using Low-cost Drone and Open Source Software. *Journal of the Korean Cartographic Association*, 20(1), 25-36. DOI: 10.16879/jkca.2020.20.1.025
- [11] S. J. Oh. (2019). Database Design for Management of Forest Resources using a Drone. *The Journal of the Convergence on Culture Technology*, 5(3), 251-256. DOI : 10.17703/JCCT.2019.5.3.251
- [12] S. H. Yu, Y. K. Kim, I. S. Choi, J. K. Woo, C. S.

Hyun, T. G. Kang, H. J. Jun, S. H. Lee, J. G. Kim & Y. Choi. (2019, October). Analysis of Utilization Status and Spray Nozzle Characteristics and of Agricultural Drones. The Korean Society of the Agriculture machinery, 40(6), 96.

- [13] Y. M. Koo & Y. H. Bae. (2018). Uniformity Analysis of Unmanned Aerial Application with Variable Rate Spray System, *Journal of Agriculture & Life Science*, 52(6), 111-125.

임 진 택(Jin-Taek Lim)

[정회원]



- 2016년 2월 : 경상대학교 전기공학과 (공학박사)
- 2015년 3월 ~ 2019년 2월 : 한국국제대학교 무인항공기학과 교수
- 2019년 2월 ~ 현재 : 전주비전대학교 전기과 교수

- 관심분야 : 드론방제, 전력경제, 신재생에너지
- E-Mail : jtl31223@naver.com