

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2023.9.6.1049>

JCCT 2023-11-125

## 스마트 운영 모드를 활용한 농업용 방제 드론의 특성 분석에 관한 실험적 검증

### Experimental Verification of the Characteristic Analysis of the Agricultural Drone using Smart Operating Mode

이우람\*

Wooram Lee\*

**요약** 농업용 드론을 이용한 방제 작업의 경우 그 경제적 효율성으로 인해 활용도가 증가하고 있으나, 작업자의 숙련도에 따라 효과의 차이가 발생한다. 이에 본 연구에서는 스마트 운영 모드를 적용하여, 수동 비행 모드에서 제어의 단점을 보완하고 이에 대한 수치적 모델을 제안하고, 선행 연구와 비교 검증을 통해 실험적 검증을 수행하였다. 그 결과 농업용 방제 드론들의 분사 시간 및 방제면적을 도출하였고, 수치적 모델과 유사성이 높은 방제용 드론을 선정하여 실험적으로 검증하였다. 이를 통해 수동 비행 모드보다 스마트 운영 모드 적용 시 살포 면적 및 작업(살포 균일도 및 작업 효율)이 상대적으로 효과적인 것을 확인하였다.

**주요어** : 농업용 드론, 스마트 운영 모드, 수동 비행 모드, 분사 시간, 방제면적

**Abstract** The utilization of agricultural drones for pest control operations has been increasing due to its economic efficiency. However, variations in the effectiveness of these operations occur depending on the operator's proficiency. In this study, we applied a smart operating mode to overcome the limitations of manual flight mode and proposed a numerical model. Through comparative validation with prior research, we conducted experimental verification. As a result, we determined the spray time and calculation of spray area for each drone model. We selected a drone for pest control with a high similarity to the numerical model and verified it experimentally. Through this, we confirmed that the application of the smart operating mode is more effective in terms of calculation of spray area and operational efficiency compared to manual flight mode.

**Key words** : Agricultural drone, Smart operating mode, Manual flight mode, Spray time, Calculation of spray time

#### 1. 서론

현재 무인항공기 및 드론을 활용한 산업 분야에는 엔터테인먼트(방송 및 군집 비행 등), 스포츠(축구 및 레이싱 등), 수송(물류 및 이송 등), 에너지 및 농업 분야 등에서 산업과 융복합되어 상대적으로 높은 경제적

인 효과를 창출하고 있다 [1]. 또한, 많이 노동력이 투입하거나 위험성 높은 분야에서의 드론의 역할 및 적용은 많은 기술의 발전과 새로운 성장 동력의 산업 분야로 발전 가능성이 큰 것으로 예측된다. 이러한 농업 분야에 적용은 생산, 유통 및 소비 등의 변화가 나타나고, 드론 적용의 경우 방제, 예찰 및 영상 분석 등을 통해

\*정회원, 경운대학교 무인기공학과 조교수 (단독저자)  
접수일: 2023년 10월 3일, 수정완료일: 2023년 10월 20일  
게재확정일: 2023년 11월 5일

Received: October 3, 2023 / Revised: October 20, 2023

Accepted: November 5, 2023

\*Corresponding Author: wooramlee@ikw.ac.kr

Dept. of Unmanned and Autonomous Vehicle Engineering ,  
Kyungwoon University, Korea

실시간 모니터링 분석이 높아지고 있다 [2-3].

현재 국내 동향을 통해 방제 및 파종 등 노동력을 대체하기 위한 요소로 드론의 적용이 높아지고 있고, 이에 관한 산업 분야는 지속해서 성장할 것으로 예측한다 [4]. 이에 대한 적용 분야인 농작물 관리 체계 및 효율성에 관한 수요를 통해 식물의 생육 및 병충해 정보 등을 나타내는 농작물의 식생지수 분석도 드론을 통해 수행한 추세이다. 농산물 생산의 경우 병해충 방제 작업은 노동력 대비 농산물 품질 및 생산량 증가에 필수 요소이다. 이러한 문제를 통해 드론을 활용한 수요가 높아지고 있으며, 드론에 장착된 다양한 임무 장치를 통해 농지의 토양 모니터링, 농작물 성장 상태, 씨앗 파종 및 살포 등의 임무를 수행할 수 있다 [5-6]. 덧붙여, 농작물의 식생지수를 파악하기 위해 다분광 카메라를 적용한 기술은 일반 카메라로 정보 획득이 어려운 작물의 상태를 다양한 분광 밴드를 이용하여 정보를 파악하는 기술이다. 이는 일반 카메라에서 추출하거나 파악하기 어려운 분광 복사량 및 반사도를 추출할 수가 있어 대상(피사체 등)의 물리적 성질 추정 및 예측을 할 수 있다 [7]. 이를 이용하여 다분광 카메라로 농작물의 성장 상태 및 식생지수 등을 드론을 통해 정량적 정보를 얻을 수 있다.

고온·다습한 환경에 농약을 살포하는 경우 노동력의 비중이 높아 농약 중독 관련 환경에 노출되며, 농약 대량 살포 시 지면에 비산 현상이 발생하여 정확한 방제 작업이 어렵고, 경제적 손실도 수반된다. 덧붙여, 방제 작업에 위험 요소를 저감하고 적용할 수 있는 농업용 드론을 이용한 항공 방제 방법을 정량 및 체계화하여 방제 작업 환경 개선을 통해 농업 생산물의 품질 및 경쟁력 등을 가질 수 있도록 해야한다 [8].

드론을 이용한 방제 작업은 작업자의 숙련도에 따라 그 효과가 상이하고 운영 시스템에 따라 효과도 예측할 수 있지만, 드론 방제 수요가 증가함에도 표준 운영 시스템(표준 방제 방법 등)이 부재하여 작업 효율을 극대화할 수 있는 운영 시스템이 필요하다. 이러한 운영 시스템 정량 및 표준화할 수 있는 모델을 예측하는 것이 방제 작업의 균일 및 정량성을 확보하고 작업 기체의 특성 분석 및 예측을 다양하게 적용할 수 있다. 덧붙여, 기존의 인력 대체가 가능하고, 수요자 중심의 작업을 수행할 수 있다. 작물별 방제 기준에 관한 연구가 몇건만 보고 [9] 되고 약제 살포의 균일성 정도를 파악하여

특정 병해충의 살충 효과를 분석하는 연구도 필요하다.

그러나 드론 기체에 대한 정확한 특성 분석을 통해 정확한 방제 표준 구축 및 기술 적용이 가능할 수 있도록 약액, 노즐 및 분사 면적 등 다수의 요소를 정량화시킬 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 드론 방제 인력의 수동 조작을 통해 약액 살포의 불균일한 부분을 보완하고 스마트 자동 모드를 통해 방제 드론 기체의 특성 분석이 가능한 기초 운영 시스템의 실험적 검증을 수행하려 한다. 본 연구 결과를 통해 체계적인 운영 시스템을 구축하고, 현재 출시 및 판매된 기체의 제원표의 신뢰성 검증이 가능하며, 드론 기체 별 약액의 정확한 무게(약액의 양) 산출을 통해 드론 방제 작업으로 인한 부수적인 피해 예방이 가능할 것으로 판단된다.

덧붙여, 선행 연구분석을 통해 드론 기체의 실증 테스트를 검증하였고, 기체 특성에 맞는 약액 산출, 노즐의 종류 및 살포 약액량의 따른 농약 부착량을 실험적으로 검증하려 한다. 또한, 기체, 작물, 환경 요소(일출 및 일몰 등), 지역 및 기후 변화 등 다양한 DB 구축이 가능할 것으로 판단되며, 이를 활용하여 정보통신기술과 드론 방제 운영 고도화, 스마트팜 등 다양한 방제 기술과 응용을 할 수 있는 플랫폼 구축의 기초 자료로 적용하려 한다. 이를 통해 추후 드론 활용 산업 발전에 이바지하여 드론을 활용한 스마트 농업의 기반을 구축하려 한다.

## II. 드론 운용 모드 [10]

드론을 운용할 때 여러 가지 환경 및 조건이 수반되며, 올바르게 많은 운용기법은 사고를 발생하게 되고 비행 운용자는 비행과 관련 사항 및 조종 방법에 대해 충분한 이해를 해야 한다. 또한 시스템 구조와 구성을 정확히 인지하고 해당 상황에 맞는 운용기법도 필요하다. 본 장에서는 수동 및 자동 비행, 지상관제 시스템 운용에 대해 요약 정리하였다.

1) 수동 비행의 경우 지상에서 조종 장치(송신기)를 직접 조종하는 비행 방법이고, 기종에 따라 비교적 다르지만, 일반적으로 조종 장치에 따라 지원하는 조종 모드가 있다. 조종 모드는 Mode 1-4 까지 4 개의 종류로 구분되며, 주로 Mode 1-2를 사용한다. 수동 비행 모드는 ① 수동제어(Manual) 모드는 사용자가 모든 것을 조종해야 하는 모드로 고감도와 저감도로 구분되며, 상

대적으로 저가의 연습용 드론은 수동제어 모드만 있다. ② 위치제어(GPS) 모드는 드론의 고도와 위치를 지정할 수 있는 모드로 비교적 조종이 가장 쉽다. ③ 자동귀환(RTL: Return To Launch) 모드는 이륙 전 드론에 GPS 위성 신호가 6개 이상인 상태에서 Home 위치를 저장하고, 비상시에 자동귀환 모드로 변환하면 Home 위치로 되돌아와서 착륙한다. 덧붙여, 위치제어 모드로 비행하다가 비상시 GPS 신호가 약하거나 잡히지 않으면, 수동제어 모드로 비행하여 안전하게 착륙하는 것이 일반적이며, 수동 비행은 비행조종 교육, 방제 살포 및 항공 촬영을 수행할 때 주로 사용된다.

2) 자동 비행의 경우 조종자의 조작이 없이도 비행경로를 일정하게 유지되도록 제어해주는 장치나 체계를 의미한다. 원격 제어 명령을 비행체가 현재 정보를 판단하고, 조종면을 직접 구동하지 않으며, 지상 제어 시스템을 이용하여 비행체의 자세를 실시간으로 제어할 수 있다. 자동 비행의 경우 항공촬영, 3D 맵핑, 사진 측량, 원격 탐사, 농업용 방제, 물품 운송, 화재 현장 및 군사용 임무(정찰 및 감시) 등의 분야에서 활용되고 있다.

3) 지상관제 시스템(GCS: Ground Control System)의 경우 드론과 지상 간의 무선 통신을 송수신하면서 드론을 운용하기 위한 시스템이다. 자세, 위치, 상태의 수신 및 가시화와 드론의 운용을 위한 조종 명령 및 임무 전송 등의 기능을 수행한다. 드론 시스템은 비행체(기체), 데이터 링크 및 지상 통제 장비로 구분되며, 비행체는 데이터 링크를 통해 응답 수치(상태 데이터 및 정찰 영상 등)를 지상 통제 장비로 송신한다. 지상 통제 장비는 비행체의 센서 및 조종 계통을 C2(Command and Control)로 통제하고, 비행체가 임무 지역에서 획득한 정찰 영상과 임무 정보를 획득하여 유·무선 통신망을 이용하여 전파한다. 기존의 단일 드론의 운용을 위한 구조를 다수 드론의 운용에 적용한다면, 비행의 안정성과 전체적인 시스템의 효율성에 대한 요구 사항을 만족할 수 없다고 판단된다. 운용의 중요 핵심은 다수의 드론이 상호 독립적이 아닌 상대적으로 유기적인 관계를 유지하며 임무를 수행하는 것으로 추정한다. 1:1 대응 시스템에서는 각각 담당하고 있는 드론에 대해서만 제한적으로 정보 수신 및 임무 전달이 가능하므로 편대 및 군집 비행과 같은 임무를 계획하거나 임무 수행에 관한 확인이 어려운 단점이 있다. 또한, 지상 통제 시스템이나 무선 통신용 모뎀이 제어가 안 되면 특정

드론은 운용자의 통제권을 이탈할 수 있다. 이를 보완하기 위해 호스트 장비를 이용하여 각각의 지상 통제 시스템에서 모든 항공기의 정보를 수신할 수 있고, 고장 발생에 대한 대처가 가능하다.

방제 현장에서 드론(무인멀티콥터 및 무인헬리콥터 등)을 이용하는 기존의 항공 방제 작업 방법을 일반적으로 드론의 위치 안정화에는 위성 항법 시스템(GNSS: Global Navigation Satellite System)에 기반해 조종자가 수동으로 비행하며 살포 작업을 하는 방식 위주였다. 이에 대한 예시로 DJI 사의 농업용 드론에는 4가지 운용 기능이 탑재되어 있다. 수동(Manual), 반자동(Manual+), A-B(시작 지점(A)와 종료 지점(B)을 지정한 후 좌/우 원하는 방향으로 일정한 작업 간격을 두고 살포하는 비행), 사전 측정한 위치 데이터를 기반으로 자율 비행이 가능한 자동 경로 작업 모드이다.

위성 항법 시스템 오차의 경우 다양하게 발생하였으며, 최근 출시되는 기종들은 오차를 더 줄이며 자율 비행 성능을 상대적으로 크게 향상하게 시켰으며, 상대적으로 저비용으로 RTK(Real Time Kinematic positioning), 전용 기지국 이용 또는 네트워크 RTK 이용 가능) 신호를 이용해 고정밀 측위 시스템이 활용되고 있으며, 이에 대한 적용으로 최근 자동/자율 비행 작업의 비중이 향상되고 있다.

### III. 무인기 방제 운영 동향

현재 국내 무인기(드론 및 헬리콥터 등) 관련 기술 개발 및 투자, 기술력에 대한 확보 등 제도적인 부분과 기타 지원 정책 상대적으로 미흡하여 무인기 관련 기술 개발에 한계점이 있다. 이는 국내 드론 분야에 약 80% 이상을 중국 DJI 사에서 차지하고 있으며, 소비자의 경우 다양한 임무 목적을 통해 구매를 진행하고 있다. 그러나 국내 드론의 표준이 정립된다는 가정하에 새로운 시장의 확대를 예측할 수 있다. 이에 본 장에서는 임무에 따른 방제에 용어 명칭과 현장에서 사용되는 용어를 혼용하거나 하는 경우가 다수 발생하며, 이에 대한 용어에 간접적인 정리를 필요할 것으로 판단된다 [11]. 선행 연구를 통해 다양한 용어를 표준화하였지만, 이에 대한 용어 정립에 적용이 필요하다.

현재 농업 관련 산업의 핵심 요소로 무인기 방제 기술이 주요 역할을 하고 있지만, 실제 적용 및 활용되는

분야는 상대적으로 한정적으로 판단된다. 무인기의 대표적인 활용 분야는 방제, 영상 촬영, 구조물 진단, 지적 측량 및 항공 사진으로 구분된다. 수송 관련(물품 이송용 등) 무인기의 경우 편리성 및 기동성을 강조하여 기술을 개발하였지만 항공법, 안전성 및 배터리 성능 등의 문제로 인해 실용화하기 위한 시간이 상대적으로 많은 시간이 필요하다. 국내 농업용 방제 드론은 중국의 OEM(Original Equipment Manufacturing) 방식으로 제품을 생산하여 판매하고 있으며, 생산 및 개발 업체 사이의 경쟁 구조를 통해 과열되고 있다[12]. 이처럼 실제 활용 및 적용성이 높은 농업용 방제 드론의 경우 다양한 연구의 부족으로 인해 방제 관련 산업에 적용성이 상대적으로 낮아지고 있다.

기존 무인기 방제의 경우 살포기는 농가 인구 및 인력의 감소에 대응하기 위한 대안으로 분사 노즐 및 살포기 개발이 필요한 실정이다 [2]. 유인 방제 및 헬리콥터를 이용한 방제의 경우 이동의 편리성, 상대적으로 저렴한 장비 비용, 안전성 및 인력 양성 등 장점과 비교할 때 상대적으로 경쟁력은 떨어지는 단점이 있다. 농업용 무인 방제기 제품별 관련 내용을 요약하면 표 1과 같이 요약할 수 있다 [5].

표 1. 농업용 무인 방제기 제품별 특성 [5]  
Table 1. Comparison of products used for agriculture control [5]

Division	Drones for control	Manned vehicle	Unmanned aerial vehicle	Wide area sprayer
Day working area(m <sup>2</sup> )	297,520	991,735	396,694	99,173
Personnel	2	4	3	6
Drift	small	versus	medium	versus

선행 연구 조사에 따르면, 무인기 방제기에 대표 기능을 탑재하여도, 방제사 대부분이 수동 모드로 살포 작업을 하는 비율이 상대적으로 높은 것으로 조사되었다. 현재 국내에 자동/자율/스마트 모드 비행 기능이 포함된 무인 방제기 보유자에 대한 수요 조사 결과 수동 모드 작업을 선호하는 비중이 약 60%에 달했고, 반자동/자동/자율/스마트 모드 비행 방식을 사용하는 비중이 약 30%로 조사되었다. 이처럼 수동 모드를 선호하는 것은 사전 작업 계획이 불필요하며, 작업 면적이 정량적이지 않기 때문에 작업마다 사전 계획이 번거롭다고 조사되었다. 덧붙여, 2015-2020년까지의 국내 무인 방제 작업과 비교하면 상대적으로 자동/스마트 모드 사

용 비중이 높아졌다. 이를 통해 방제 작업 시 핵심 요소는 분사 균일도와 전체적인 작업 효율이다. 이를 최적화하기 위해 안정적인 비행 성능이 중요하지만, 작업자의 조종 제어 능력에 따라 큰 차이가 발생할 수 있다.

#### IV. 실험 적용 및 방법

##### 1. 살포간격 보정 및 면적 산출 이론

스마트 운영 모드를 이용하여 방제용 드론의 기체별 속도 및 방제 간격을 분석 조사하였으며, DJI Assistant 프로그램에 분사 간격을 보정으로 방제면적에 대한 누락된 구간을 제거하여 상대적으로 정확한 드론 방제가 운영될 수 있도록 수행하였다. 기체별 보정 간격을 산출하기 위해 방제 전체 면적을 산출하는 구성도는 그림 1과 같이 표현하였다.

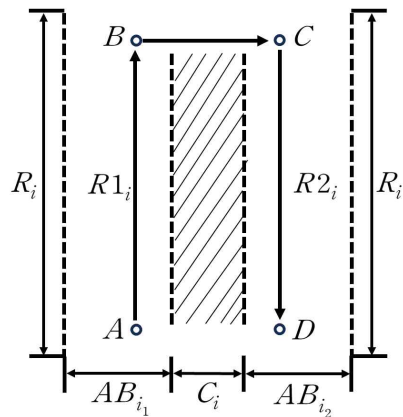


그림 1. 방제 면적 산출 구성도 [2]  
Figure 1. Conceptual diagram of spray spacing calibration and prevention area calculation [2]

방제 전체 면적에 대한 산출을 정식화하면 식(1)-(2)과 같이 정리하였다.

$$C_i = A S_i - A B_i \tag{1}$$

$$GA_i = AB_i \times \int_A^D |v(t)| dt \tag{2}$$

$$= \left( AB_{i1} \times \int_A^B v(t) dt \right) \times \left( AB_{i2} \times \int_C^D -v(t) dt \right)$$

$i$ 의 경우 방제용 드론의 종류,  $AB_i$ 는 이륙 후 기체별 실제 살포 간격[m],  $AS_i$ 는 DJI Assistant 프로그

램의 Operation gap 설정 수치[m],  $C_i$  는 보정이 필요한 간격[m],  $GA_i$  는 총 방제면적[m<sup>2</sup>] 으로 표현하였다.

정확한 면적에 잔류 농약 허용 기준인 PLS(Positive List System)법을 적용하여 표준 방제를 시행하고, 방제 실험 시 발생하는 비산 현상을 최소화하려는 방안을 선행 연구를 통해 적용하였다. 이는 방제 인력의 조종 숙련도에 의지하고 있는 운영 시스템 보완하여 방제 실험의 정확성을 높이어 탑재 분사 용액을 산정하려 한다. 적용된 DJI FC 의 스마트 운영 모드 적용하여 설정한 후 수동 모드에서 발생하는 문제를 최소화하여 상대적으로 정확한 운영 시스템의 특성을 적용하였다. 선행 연구를 통해 3 종류의 무인 방제기를 대상으로 실험을 비교 검증하였고, 결과 수치에 대한 산출 평균을 방제기의 특성으로 적용하였다.

## 2. 실험 방법

적용된 농업용 드론의 비행 속도에 따른 액적의 분포 및 영향 등을 분석하는 실험으로 농업용 드론의 노즐에서 분사된 액적이 드론의 비행 속도 변화에 따라 분포되는 특징에 관해 액적의 분포도를 분석하였다. 실험 장소는 경남 진주시 집현면 지내리에서 진행되었으며, 선행 연구 보고 [7] 를 통해 바람의 영향이 상대적으로 약한 오전 7-9 시 사이에 수행하였다. 살포 고도는 농촌진흥청에서 제시하는 3 m 의 기준을 통해 1-3 m 에서 어떠한 변화를 가져오는지 반복 실험을 수행하였다. 선행 연구를 통해 비행 고도 1-3 m 로 1 m 씩 상승시켜가며 수행하였고, 비행 속도는 1-3 m/sec. 으로 속도당 100 회 비행을 설정하여 실험하였다.

## IV. 결과 및 토론

### 1. 분사 시간 검증

방제용 드론의 기체 특성 분석을 위해 방제 면적 산출 모델을 적용하여 초당 분사량을 산출하였다. 분사량 산출을 위해 비행 중 및 제자리 비행 시 분사 시간에 대한 실험 결과를 그림 2 로 표현하였다. 선행 연구 [14] 와 동일한 실험 조건(10L 기준)으로 실험을 진행한 결과 지면에서 분사(비행 전)시 평균 약 290 sec. 로 측정되었다. 제자리 비행 시 평균 약 330 sec. 로 측정되었다. 약 40 sec. 정도 차이가 발생한 것은 지면과 노즐에서 지면 효과(Ground effect)로 인해 차

이가 발생한 것으로 추정된다.

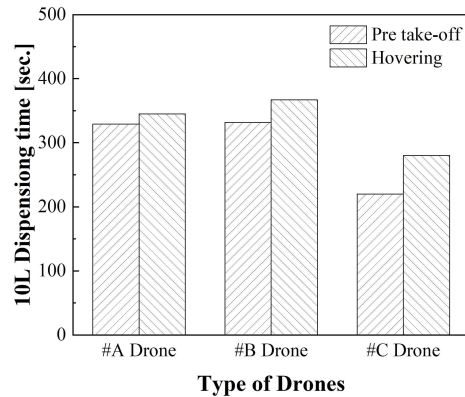


그림 2. 드론 기종 별 비행전 및 제자리 분사 시간  
 Figure 2. Pre take-off and hovering injection quantity measurement experiment for each drone model

그림 3 은 방제 면적 산출을 위해 이륙 후 방제용 기체의 특성을 통해 기체별 고도에 따른 면적을 산출한 결과이다. 비행 속도는 스마트 운영 모드를 통해 3 m/sec. 로 고정하여 그림 1 과 같이 비행을 반복하였다. 선행 연구 [13-14] 와 비교한 결과 수동 비행 모드에서는 조종자(방제 인력)가 제어하는 비행 속도와 작업 간격이 달랐다. 스마트 운영 모드를 적용하였을 때, 계획된(예상) 면적의 약 90 % 이상 유사하게 결과를 보였으며, 비행 궤적을 따라 상대적으로 숙련된 조종자가 수동 비행 방식으로 작업했을 때는 스마트 운영 모드 비행 보다 비행 횡수를 증가하였어도, 면적 대비 약 70 % 정도만 수행할 수 있었다. 농업진흥청에서 제시하는 고도 3 m 의 기준으로 수동 비행 및 스마트 운영 모드를 상대적으로 비교한 결과 가변 살포가 적용된 것이다. 가변 살포 기술의 경우 비행 속도에 비례한 비행 시작 후 가속 구간에서 살포량을 증가시키고, 목표 속도에서 살포량을 유지하였다. 감속 구간에서 살포량을 감소시켜 정지에서 측면 및 회전하는 구간에서 자동으로 살포가 멈추는 것을 설정하여 스마트 운영 모드를 운영하였다.

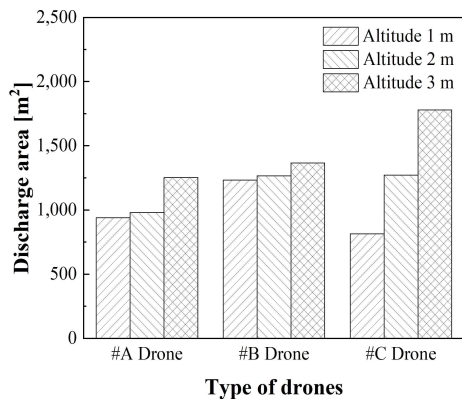
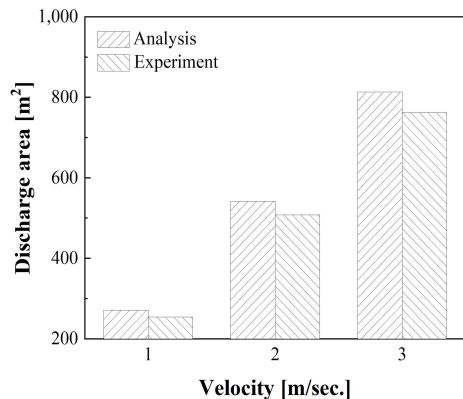


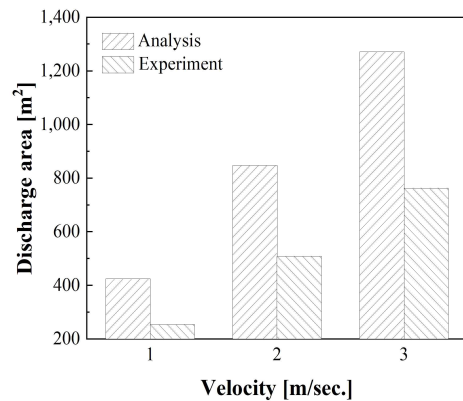
그림 3. 비행 고도에 따른 드론 기종 별 방제 면적  
Figure 3. Spray area of flight altitude for each drone models

## 2. 방제면적 산출 검증

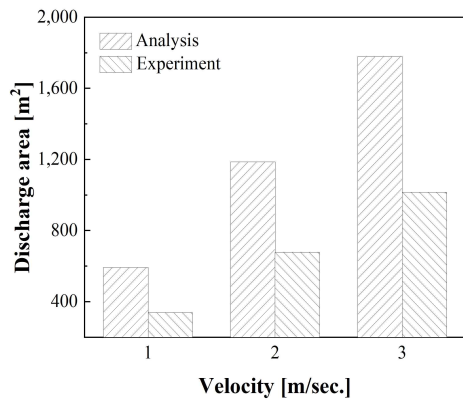
그림 4는 현재 농기계 장비로 등록된 농업용 방제 드론(#C)을 대상으로 스마트 운영 모드를 수치적으로 산출한 결과와 실험을 통해 측정된 결과이다. 실험의 경우 고도 및 비행 속도를 변화시켜 가며 실험을 진행한 결과 고도 1 m에서 평균 약 34 m<sup>2</sup> 차이를 보였다. 고도 2 m에서 평균 약 300 m<sup>2</sup> 차이를 보였다. 고도 3 m에서 평균 약 500 m<sup>2</sup> 차이를 보였다. 이는 조종자가 제어하는 비행 속도와 작업 간격이 차이를 보였으며, 수동 비행으로 작업한 결과 자동 비행의 경로를 유사하게 진행하지만, 실제 상황에서는 조종자의 제어 및 판단 능력, 외부 환경 등 동일한 결과를 도출하기 어렵다. 선행 연구 [14]의 연구 결과를 적용하여 비교한 결과 스마트 운영 모드 적용 시 10 L 기준 약 3 L의 이득을 보일 것으로 판단된다.



(a) 고도 1 m  
(a) Altitude 1 m



(b) 고도 2 m  
(b) Altitude 2 m



(c) 고도 3 m  
(c) Altitude 3 m

그림 4. 비행 고도 별 방제 면적 검증  
Figure 4. Experimental verification of Spray area according to flight altitude

수동 비행 모드로 방제 작업을 수행할 때 기체 조종을 진행하면서 살포량까지 제어해야 하는 단점이 있고 비행 속도에 따른 표준 살포에 한계점이 있다. 이는 비행 경로가 직선이어도 고도 및 속도를 유지하기가 어렵고, 비행 속도 및 살포 균일도 또한 제어가 어렵다는 보고 [11-13]가 있다. 사전에 측정된 way point(시작 및 종료 지점 설정)에 기반한 자동/자율 및 스마트 운영 모드를 적용하면 비행 속도 측면에서 상대적으로 보완할 수 있다. 또한 직선 위주로 비행하면 일정한 살포 간격을 유지할 수 있고, 살포 비율 및 균일도 측면에서도 상대적으로 높은 효과를 보일 것으로 판단된다. 덧붙여, 스마트 운영 모드 설정 시 방제 인력의 피로도를 상대적으로 줄일 수 있고, 넓은 면적에서도 비교적 손쉽게 작업할 수 있는 장점이 있을 것으로 판단된다.

## V. 결 론

본 연구에서는 수동 비행 모드에서 발생하는 보완하기 위해 스마트 운영 모드를 적용하여 수치적 예측 모델을 실험적으로 검증하였다. 실험 방법 및 결과 검증은 선행 연구와 비교 분석하여 고찰하였고, 연구 결과에 관한 내용은 다음과 같다. 수동 작업 방식보다 스마트 운영 모드를 적용한 살포 작업이 상대적으로 더 효과적인 것을 확인할 수 있었다. 살포 균일도 및 작업 효율을 상대적으로 높게 향상하며, 약제의 사용량을 최적화할 수 있어 약제로 인한 피해를 줄일 수 있었다. 이는 수동 모드 보다는 자동/자율 비행 및 스마트 운영 모드 작업 방식으로 전환해야 한다는 필요성을 실험적으로 검증하였다. 덧붙여, 최적화된 정밀 농업을 위해 드론을 적용한 작업 방식은 방제 및 파종 작업 등에 적용 및 활용되어야 할 것으로 판단된다.

## References

[1] B. G. Gang, "The flight Test Procedures For Agricultural Drones Based on 5G Communication," *Journal of Aerospace System Engineering*, Vol. 17, No. 2, pp. 38-44, 2023. <https://doi.org/10.20910/JASE.2023.17.2.38>

[2] 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. <https://doi.org/10.22156/CS4SMB.2019.9.10.108>

[3] J. D. Lee and C. M. Heo, "The Effect of Technology Acceptance Factors on Behavioral International for Agricultural Drone Service by Mediating Effect of Perceived Benefits," *Journal of Digital Convergence*, Vol. 18, No. 8, pp. 151-167, 2020. <https://doi.org/10.14400/JDC.2020.18.8.151>

[4] H. K. You, J. U. Jeong, Y. W. Chae and S. Kim, "An analysis of economic feasibility and perception of drone for pesticide application," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 22, pp. 235-245, 2021. DOI : 10.5762/KAIS.2021.22.12.235

[5] 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. <http://dx.doi.org/10.22156/CS4SMB.2020.10.10.135>

135

[6] Vijay Rana Mahima, "Impact of drone technology in agriculture," *Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, Vol. 9, No. 1, pp. 1613-1619, 2020. <https://doi.org/10.1002/9781394168002.ch14>

[7] S. Baek, S. Koh and W. Kim, "Calculation of correction coefficients for the RedEdge-MX multispectral camera through intercalibration with a hyperspectral sensor," *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol. 38, pp. 707-716, 2020. DOI : 10.7848/ksGPC.2020.38.6.707

[8] B. K. Lee, B. R. Min, M. Y. Lee, Y. I. Hwa, D. S. Choi, J. T. Hong and D. W. Lee, "System Design for Developing the Remote Controlled Sprayer of Pear Trees," *Protected Horticulture and Plant Factory*, Vol. 22, No. 4, pp. 303-308, 2013. <https://doi.org/10.12791/KSBEC.2013.22.4.303>

[9] D. S. Choi, K. C. Ma, H. J. Kim, J. H. Lee, S. A. Oh and S. G. Kim, "Control Standards of Three Major Insect Pests of Chinese Cabbage(Brassica campestris) Using Drones for Pesticide Application," *Korean Journal of Applied Entomology*, Vol. 57, No. 4, pp. 347-354, 2018. <https://doi.org/10.5656/KSAE.2019.10.0.039>

[10] H. Lee and Y. Y. Choo, "Automatic Drone Flight Algorithm for Precision Agricultural Forecasting Based on Cadastral Map," *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Vol. 43, No. 9, pp. 1461-1468, 2018. 10.7840/kics.2018.43.9.1461

[11] DJI Agras MG-1P series Quick Start Guide & User Manual, <https://www.dji.com/kr/mg-1p>.

[12] Jifei Technology's Agricultural Xinjiang Operation Center Press Article, [https://www.sohu.com/a/192414101\\_189731](https://www.sohu.com/a/192414101_189731)

[13] W. Lee, S. B. Lee and J. T. Lim, "Study on Experimental Verification of Uniform Control using Agricultural Drone," *The Journal of the Convergence on Culture Technology*, Vol. 9, No. 2, pp. 575-580, 2023. <https://www.earticle.net/Article/A427626>

[14] W. Lee, "Experimental Vrification of the Sray Calculation using the Aricultural Drone," *The Journal of the Convergence on Culture Technology*, Vol. 9, No. 4, pp. 569-576, 2023. <https://www.earticle.net/Article/A433303>

※ 이 연구는 2023년도 경운대학교 교내학술 연구비 지원으로 연구되었음.