

균일 방제를 위한 항공 살포시스템 구현

지선호^{*}, 전부일¹, 조현찬¹
¹한국기술교육대학교 전기전자통신공학부

Implementation of Aerial Application System for Application Uniformity

Sun-Ho Jee^{*}, Bu-Il Jeon¹, Hyun-Chan Cho¹

¹School of Electrical, Electronics and Communication Engineering, KOREATECH

요약 본 논문에서는 항공 방제 시 균일 방제를 통하여 병해충에 의한 농산물 생산량 저하 및 농약이 과도 살포된 농작물 생산을 방지하고자 하였다. 항공 방제가 실시되는 비행 고도 3m와 속도 15km/h를 유지하는 것은 사용자의 조종 습관 및 방법, 바람의 변화 같은 환경적 요인이 작용하여 대단히 어렵다. 따라서 무인 헬리콥터로부터 비행 데이터를 전송받아 비행 속도 및 고도의 변화에 따라 봄의 각도와 DC 펌프의 제어가 가능하도록 살포 장치 및 제어를 설계 및 제작하였고 무성 항공사의 무인 헬리콥터 Rmax에 탑재하여 살포 성능을 검증했다. 실험은 가로 10m, 세로 50m의 농지에서 감수지를 한 열에 1.25m 간격으로 9장씩 5열을 5m의 위치에서부터 10m 간격으로 배치하고, 방제 실험 시 제작된 항공 살포 시스템을 이용하여 살포하였다. 무인 헬리콥터는 최저속도 7.2km/h부터 최고속도 17.6km/h, 최저높이 2.32m부터 최고 3.47m까지 최고 10.4km/h의 속도 변화와 1.15m 고도 변화를 보이며 비행하였고, 각 열이 평균 46423개의 입자개수의 분포로 7.5m의 유효 살포 영역을 형성함을 보여 제안된 항공 살포시스템이 균일 방제에 효과가 있음을 증명한다.

Abstract The aim of this study was to prevent the decrease in crop output by disease and insect pests and excessive spraying of agricultural pesticides by application uniformity. A 3m height and 15km/h speed is difficult to maintain with an unmanned helicopter for aerial application, which has been affected by the controlling habits and methods or environmental factors, such as changes in the wind. Therefore, in this study, an aerial application system was design to be attached to an unmanned helicopter, which can allow a controlled application width and spray rate automatically and verified experimentally using Rmax of MS-AVIATION. The size of agricultural land was 50 m2 and nine water sensitive cards were arranged at 1.25m intervals in 5 rows with each row having a 10m interval from the position of 5m. The unmanned helicopter was flying at speeds ranging from 7.2km/h to 17.6km/h and heights ranging from 2.32m to 3.47m. The proposed aerial application system allowed application uniformity by making a valid spraying area of 7.5 m2 with 46423 particles distributed on average.

Keywords : Aerial application, Application uniformity, Control system, Crop dusting, Unmanned helicopter

1. 서론

전 세계적으로 친환경적 농업의 중요성이 대두되고 있으며, 우리나라의 농업 중 가장 중요한 벼농사 경쟁력 제고는 시급한 문제이다. 시장 개방으로 인한 경쟁에 대

응하기 위하여 농산물의 생산비 절감을 위한 생산기술이 절실히 요구되고 있다[1].

현재 농산물 생산 작업 중 약 5%부터 15%의 생산노동력을 차지하는 병해충 방제 작업은 품질 및 생산량을 높이기 위한 필수 작업이지만 고온·다습한 환경에서 농

^{*}Corresponding Author : Sun-Ho Jee(KOREATECH)

Tel: +82-41-560-1170 email: webshock@koreatech.ac.kr

Received February 9, 2015

Accepted January 5, 2016

Revised (1st July 24, 2015, 2nd December 8, 2015, 3rd December 22, 2015)

Published January 31, 2016

약을 살포하므로 노동의 강도가 강하며 농약중독 우려가 커서 기피하는 작업이다[2]. 또한 우리나라의 농약살포는 다량 살포 방식으로 지면 낙하 및 비산 등 손실량이 많아 환경적인 영향에 기인한 경제적 손실을 경감할 수 있는 저 투입 소량살포 방식의 친환경·정밀 방제 기술이 필요하다. 따라서 관행적 방제 작업의 노동집약성, 작업 기피성 및 위험성과 환경오염 감소에 기여할 수 있는 농업용 무인 헬리콥터를 이용한 항공 방제 체계를 개발하여 작업환경을 개선하고 농산물의 품질 및 가격에서 경쟁력을 갖도록 해야 한다.

이러한 문제들을 해결하기 위하여 무인 헬리콥터 방제 방식이 고안되었고, 이는 작업자의 노동 강도를 줄이고, 안전하고 쾌적한 작업환경을 제공하며, 소규모 필지에도 적용이 가능한 동시에, 내리흐름(downwash)에 의한 침투 효과가 좋은 등 많은 장점이 있다.

무인 헬리콥터의 안정적이고 효율적인 비행을 위한 연구는 동축반전 헬리콥터형 소형 무인항공기 설계 및 제작[3], 소형 무인헬리콥터를 위한 임베디드 컨트롤러 기반 자동비행 시스템 개발[4], 무인 헬리콥터의 자동비행 운용모드에 관한 연구[5] 등 많은 연구가 이루어졌으나, 실제 시스템에서 운용할 수 있을 만큼 연구가 진행되지 못하였다. 방제 시스템 개발을 위한 연구로서는 머신비전과 DGPS를 이용한 실시간 정비 방제 시스템의 개발[6]과 시비 및 방제 등 수도작 관리 작업의 효율 증대를 위한 이앙기 부착형 송풍식 및 원심식 입제 살포기[7] 등 많은 연구가 보고되고 있으나 무인 헬리콥터를 이용한 방제 시스템 연구는 미비한 실정이다.

무인 헬리콥터에 의한 방제 시, 효율적이고 안정적인 방제를 위하여 무인 헬리콥터는 일정한 고도 및 속도를 유지해야 한다. 그러나 무인 헬리콥터의 비행은 환경적인 요인과 조종방법 및 습관의 차별화된 요인이 작용하여 일정한 고도 및 속도를 유지하기는 대단히 어려운 일이므로, 고도 및 속도에 따라 방제 폭 및 방제량을 조절할 수 있도록 방제 장치를 만드는 것이 효율적이다. 현재 무인 헬리콥터에 의한 항공방제에서 고도변화는 살포 폭을 변화시켜 중복살포 및 미 살포 영역을 형성하며, 속도 변화는 살포 폭 및 살포량을 변화시켜 살포 과도 및 살포 부족영역을 만든다. 이는 병해충에 의해 농작물이 균형있게 자라지 못하거나 농약이 과도 살포된 농작물을 생산하는 원인이 된다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방제장치는 고도 및 속도에 대응하여 자동으로 살포 폭과

살포량을 제어해야만 한다.

따라서, 본 연구에서는 원격조종방식의 농업용 무인 헬리콥터에 부착되어 속도 및 고도에 따라 균일 살포가 가능한 살포 시스템을 제안 및 제작하였다. 이 시스템을 무성항공사의 무인헬리콥터 Rmax에 장착하고 실제 필드에서의 살포 실험을 통해 그 성능을 검증해 보았다.

2. 항공 방제 시스템

2.1 항공 방제 장치 설계를 위한 기초 특성

무인 헬리콥터에 의한 방제 시, 속도 및 고도변화는 살포량 및 살포 폭에 영향을 미친다.

Fig. 1은 살포를 위한 펌프의 압력과 노즐 폭이 일정할 때, 비행 고도가 3m 이상이면 기준 유효 살포 폭인 7.5m 보다 넓은 유효 살포 폭을 형성하고, 3m 이하이면 7.5m보다 좁은 유효 살포 폭을 형성하는 모습을 보여준다. Fig. 2는 비행 속도가 15km/h 보다 빠르면 같은 면적에서의 살포량이 적어지고, 느리면 살포량이 많아지는 모습을 보여준다.

Fig. 1, Fig. 2와 같이 살포 폭은 비행고도의 변화 시 변화하는 특성을 가지고 있으며, 살포량은 비행속도가 변화할 때 변화하는 특성을 가진다. 이 두 특성은 각기 분리된 특성으로 서로의 변화 조건에 영향을 주지 않는다.

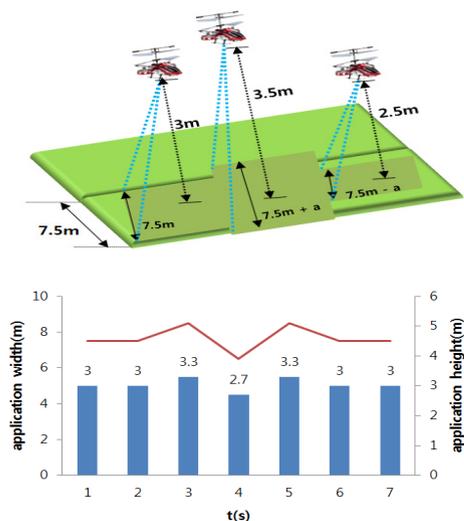


Fig. 1. Change of spraying width against height

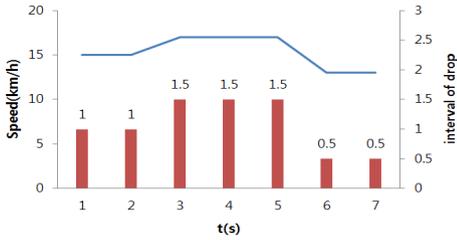
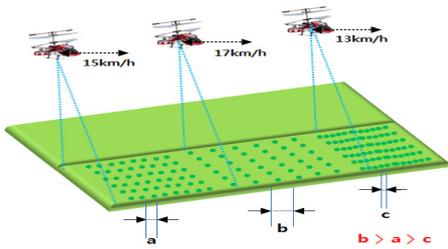


Fig. 2. Change of spraying rate against flight speed

2.2 항공 방제 장치 구성요소

항공방제용 노즐은 756ml/min 이상의 토출량을 가지며, 분무입경이 100 μ m 내외이며 분사 각이 110°인 플랫 노즐을 사용하였다. 분무를 위한 펌프는 다이어프램펌프를 사용하였고[8], 분의 각도를 조절하기 위해 펌프의 압력과 진동을 견딜 수 있는 고토크의 서보모터를 사용하였다. Table 1, Table 2, Table 3은 각각 사용된 노즐, 다이어프램펌프, 서보모터의 제원을 보여주며, Fig. 3은 실제 제작된 살포장치를 보여준다.

Table 1. Specification of wide flat nozzle

| type | pressure | discharge rate | particle size | spray angle |
|---------|----------|----------------|---------------|-------------|
| XR11002 | 1-4bar | 0.79/min | Fine | 110° |

Table 2. Specification of diaphragm pump

| tpy | maximum pressure | discharge rate | power consumption | weight |
|-----------|------------------|----------------|-------------------|--------|
| Diaphragm | 100PSI | 5L/min | 54W | 1.15kg |

Table 3. Specification of servomotor

| type | operation voltage | start torque | speed | weight |
|--------|-------------------|--------------|-------------|--------|
| PS-050 | 4.8V-12V | 65.33kg/cm | 0.29s/60deg | 280g |



Fig. 3. Proposed aerial application device

노즐의 분사 각 변위를 정하기 위하여 기존 살포기를 이용하여 살포 실험을 진행하였다. 분무 패턴 파악을 위하여 5.5cm * 7.5cm 크기의 감수지 6장을 이용하여 1.5m 간격으로 7.5m 폭에 배치하고, 3m 높이에서 방제를 실시하였다. Fig. 4는 3m 고도에서 살포 시 방제 결과를 보여준다.

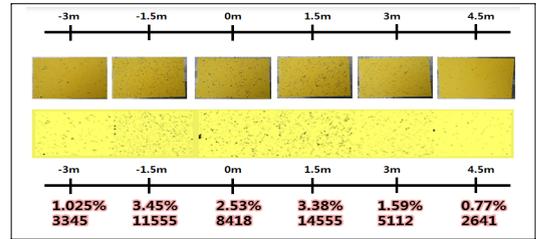


Fig. 4. Spraying pattern when apply 3m height

Fig. 4에서 분무 패턴은 헬기의 몸체가 있는 0m 부터 1.5m를 중심으로 좌우 3m 범위에서 중앙이 낮은 사다리꼴 형태로 관찰되었다. 이에 따라, 높이에 따른 양쪽 분의 각도의 변위는 다음과 같이 유도하였다.

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{3.75}{\sqrt{h^2 + 3.75^2}}\right) \quad (1)$$

2.3 항공 방제 장치 제어 보드

Fig. 5는 실제 제작된 제어보드와 각 파트의 기능을 보여준다.

메인 프로세서는 TI사의 TMS320F28335를 사용하였고, GPS 데이터를 RS-232 인터페이스를 통해 전달받는다. 제어기에서는 PWM을 이용하여 다이어프램 펌프의 출력을 제어하고, eQEP를 이용하여 서보모터를 제어한다. RUN LED는 제어기의 동작 유무를 판단하기 위해 타이머 인터럽트를 통해 0.5초 간격으로 점멸하도록 하였으며, 기능 확장을 위해 프로세서가 가진 모든 기능

을 사용할 수 있도록 하였다.

항공 방제 장치 제어시스템은 살포 량 제어를 위한 DC 펌프 제어부와 살포 폭 제어를 위한 서보 모터 제어 부로 구성된다. RF 컨트롤러는 비행 방향, 살포 ON/OFF 신호 등을 DSP 프로세서로 전송하며, 항공기의 항법장치에서는 비행속도 및 시간, 고도 등을 전송한다. 제어기는 전송된 비행 속도 및 고도에 따라 균일방제를 위해 필요한 DC 펌프의 출력 및 봄 노즐의 위치를 계산한다. 다이어프램펌프와 서보모터를 제어하여 균일 살포를 이루고자 하였다.

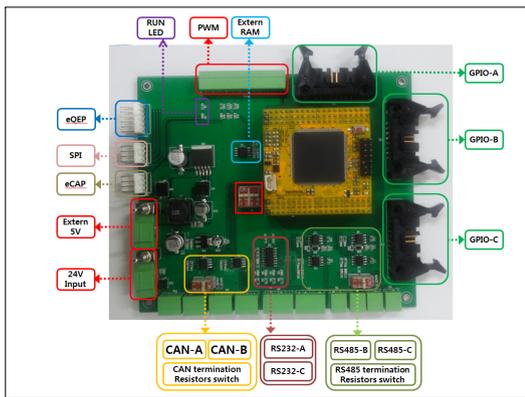


Fig. 5. Function of Controller with TMS320F28335

3. 실험을 통한 제어 알고리즘 구성

3.1 살포 량 성능 실험

비행 속도에 따라 살포 량을 제어하기 위해 항공 방제 장치의 살포 성능을 테스트 하였다. 목표 살포 량은 1ha 당 8L, 비행 시 살포 폭은 7.5m로 일정하게 유지되었다고 가정 했을 때, 비행 조건 및 필요 살포 량은 다음과 같이 계산되었다.

$$1ha \text{ 비행시간} = \frac{1ha = 10000m^2}{7.5m \times \text{flight speed}(m/s)} \quad (2)$$

$$\text{필요 살포 량} = \frac{8000ml}{\text{flight time of } 1ha(s)} \quad (3)$$

Table 4. Diaphragm pump performance test result

| Voltage (V) | without beaker weight | | L(g) -R(g) | average spray rate (ml/s) |
|-------------|-----------------------|--------|------------|---------------------------|
| | L(g) | R(g) | | |
| 6 | 93.91 | 91.74 | 2.17 | 18.565 |
| 7 | 110.34 | 108.19 | 2.15 | 21.853 |
| 8 | 129.1 | 126.89 | 2.21 | 25.599 |
| 9 | 144.46 | 142.19 | 2.27 | 28.665 |
| 10 | 161.18 | 158.73 | 2.45 | 31.991 |
| 11 | 178.07 | 176.14 | 1.93 | 35.421 |
| 12 | 194.1 | 192.11 | 1.99 | 38.621 |

Table 4는 다이어프램 펌프 성능 테스트의 결과를 보여준다.

실험 결과 왼쪽과 오른쪽 노즐의 살포 성능은 전체 영역에 걸쳐 10초 동안 살포 시 약 2g 정도의 차이를 보이고 있다. 15km/h의 속도로 비행 시 초당 4.16m를 비행하는 점을 감안하였을 때, 이는 크지 않은 오차이다. Fig. 6은 비행 속도에 따라 1ha 농지에 8L를 살포하기 위해 필요한 살포 량이다.

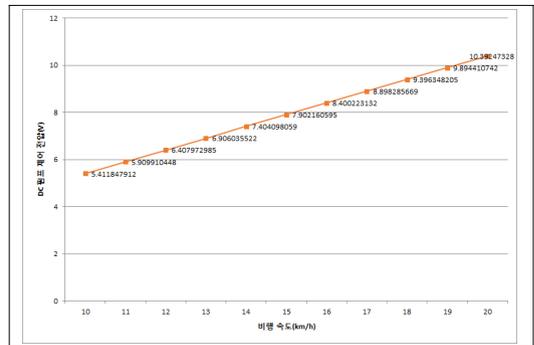


Fig. 6. Application rate against flight speed

Table 5. DC pump voltage against flight speed

| flight speed (km/h) | spray rate (ml/s) | voltage (V) |
|---------------------|-------------------|-------------|
| 11 | 18.33333 | 5.90991 |
| 12 | 20 | 6.407973 |
| 13 | 21.66667 | 6.906036 |
| 14 | 23.33333 | 7.404098 |
| 15 | 25 | 7.902161 |
| 16 | 26.66667 | 8.400223 |
| 17 | 28.33333 | 8.898286 |
| 18 | 30 | 9.396348 |
| 19 | 31.66667 | 9.894411 |
| 20 | 33.33333 | 10.39247 |

실험을 통해 제어 전압과 살포 량의 관계를 얻었고, 비행속도에 따른 필요 살포 량을 계산하였다. 제어전압과 살포량의 관계를 정리하여 제어 입력인 비행속도에 따른 출력 DC 펌프의 제어 전압을 알 수 있다. Table 5는 두 변수 간의 관계를 보여준다.

비행속도와 DC 펌프의 제어 전압의 관계는 Table 4와 Table 5로부터 식(4)와 같이 도출되며, 이를 통해 살포 량을 제어할 수 있다.

$$voltage(V) = \frac{1.667 \times speed(km/h) + 1.443}{3.3463} \quad (4)$$

3.2 살포 폭 성능 실험

Fig. 7은 실험을 통해 관찰된 방제 장치의 비행 고도에 따른 유효 살포 범위를 나타낸다.

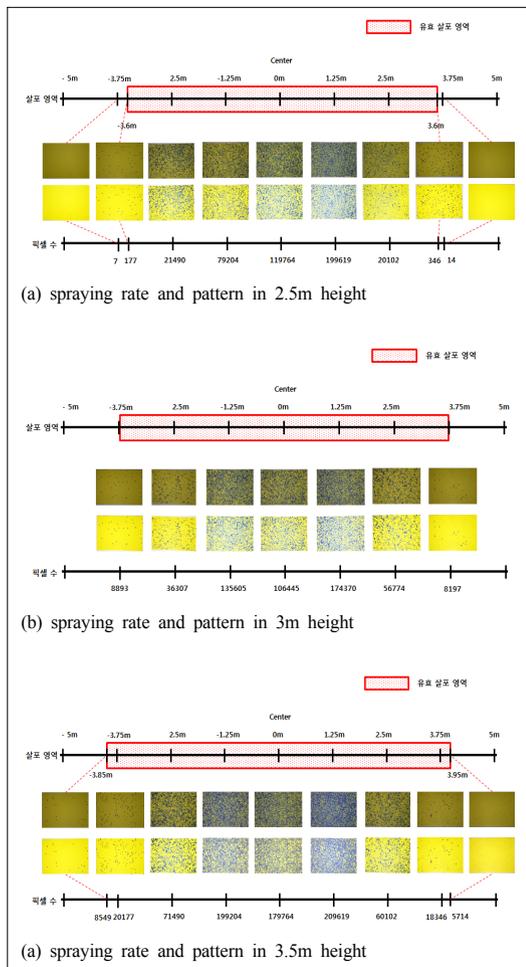


Fig. 7. Test result of valid spraying area

테스트 베드에서 방제 장치의 고도를 2.5m 부터 3.5m까지 50cm 간격으로 고도를 변화 시켜 살포를 실시하였다. 이때, 살포 영역을 확인하기 위하여 감수지 (52mm * 76mm)를 센터로부터 1.25m 간격으로 좌우에 10m까지 배치하였고, 각 고도에서 좌우측 3.75m 부근에서 5cm 간격으로 입자가 없는 영역까지 측정하였다. 소프트웨어를 이용하여 감수지의 살포 패턴 중 분무입경이 100um 이상의 개수를 헤아려 760개 이상이 존재하는 영역을 유효 살포 영역으로 지정하였다. 각 고도에서 좌 3.75m, 우 3.75m에서 측정된 살포 패턴이 분무입경 100um이상인 입자가 760개 이상으로 나타나고, 7.5m를 벗어나는 영역에서는 유효 살포 영역이 나타나지 않을 때의 각도를 측정하였다. Table 6은 측정 결과를 보여준다.

Table 6. Measurement result of angle change

| height (m) | Angle(°) | |
|------------|--------------|--------------|
| | L | R |
| 2.5 | -7.5° ~ -9° | -7.5° ~ -9° |
| 3.0 | -1.5° ~ 1.5° | -1.5° ~ 1.5° |
| 3.5 | 7.5° ~ 9° | 7.5° ~ 9° |

7.5m를 벗어나는 영역에 최소로 영향을 미치고 유효 살포 폭 좌, 우 경계에서 최대로 살포되는 범의 각도는 각각 -7.5°, 0°, 7.5°이며, 높이에 따른 범의 각도는 수식 (5)와 같이 표현할 수 있다.

$$angle(^{\circ}) = 15 \times (height - 3) \quad (5)$$

고도에 따라 유효 살포 영역의 폭을 측정해 보았고, 거의 선형적으로 증가 감소함을 확인하였다. 또한, 유효 살포 영역을 7.5m로 만드는 범의 각도를 측정하고 이를 이용하여 높이에 따른 범의 각도를 계산하였다.

3.3 제어 알고리즘

실험을 통해 속도(km/h)에 따른 DC펌프의 출력(V)을 식(4)와 같이, 고도(m)에 따른 서보모터의 각도(°)를 식(5)와 같이 도출하였고, Fig. 8은 제어 블록 다이어그램을 보여준다.

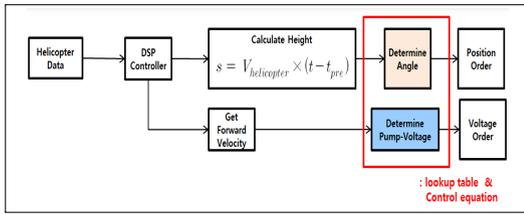


Fig. 8. Control block diagram

기존의 무인헬리콥터를 이용한 항공방제의 비행 로그를 참조하여 15km/h의 속도와 3m의 고도 범위에서 많이 벗어나지 않는 구간은 DC 펌프와 서보모터 출력의 룩업 테이블을 미리 작성하여 해당 속도 및 고도 영역에서 더욱 빠르게 대응할 수 있도록 하고, 이를 벗어나는 구간에서는 계산하여 제어하도록 알고리즘을 구성하였다.

4. 성능 검증 실험

Fig. 9는 실제 농지 실험 환경 및 항공 방제 시 비행 데이터와 비행 진행 방향의 기록을 보여준다.

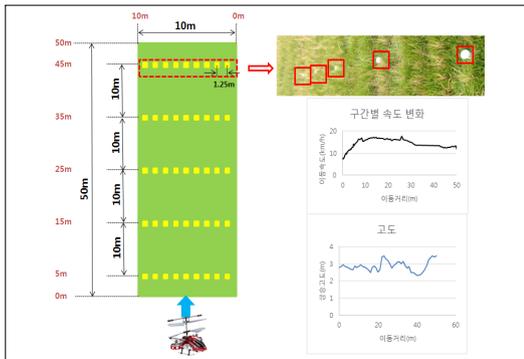


Fig. 9. Environment of aerial application experiment

실험에 이용된 농지는 가로 10m 세로 50m크기이며, 5m부터 10m간격으로 감수지를 배치하였다. 한 열에 배치된 감수지의 간격은 1.25m간격으로 총 9장의 감수지를 배치하여 0m에서 10m사이에 배치되었다. 무인 헬리콥터는 0m에서 출발하여 50m까지 최저속도 7.2km/h부터 최고속도 17.6km/h 및 최저 2.32m부터 최고 3.47m까지, 최고 10.4km/h의 속도 변화와 1.15m 고도변화를 보이며 비행하였다. 각 구간에서 감수지의 패턴은 Fig. 10과 같다.

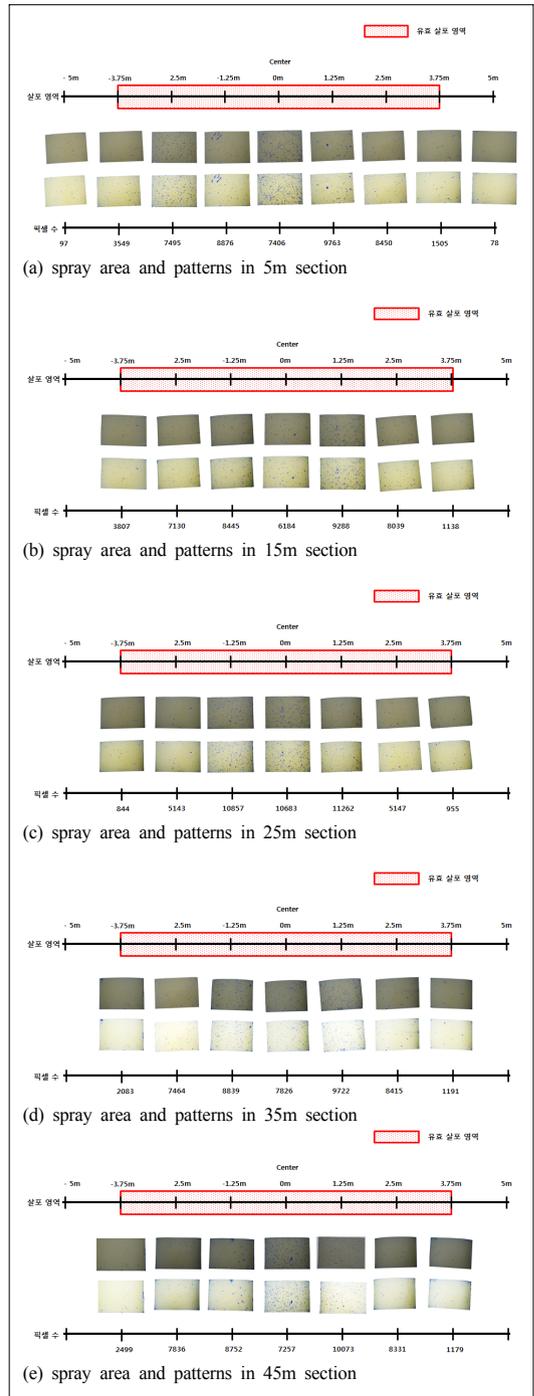


Fig. 10. Spray rate and patterns in each section

Fig. 10에서 각 구간의 100um 이상 분무입자 수는 비행속도와 관계없이 각각 47221 (13.51km/h) ≅ 44144 (16.72km/h) ≅ 44894 (15.98km/h) ≅ 47741

(13.8km/h) \cong 48117 (12.37km/h)의 결과로 최대 3973 개 오차를 보이며 거의 유사한 결과를 나타내고 있다. 이는 비행 속도와 관계없이 살포 량이 일정하다는 것을 보여 주고 있으며, 속도에 따라 펌프의 출력을 제어했음을 의미한다.

각 구간에서의 고도에 따른 유효 살포 폭은 3m 보다 높은 고도에서 비행 시나 낮은 고도에서 비행 시 모두 유효 살포 폭 7.5m에 근접해 있으나, 상태에 따라 두 가지 패턴으로 살포되고 있음을 알 수 있다. 첫 번째 패턴은 3m보다 낮은 고도에서 붐 각을 제어하여 살포 시 그 형태가 불룩한鐘형으로 나타나는 것을 볼 수 있다. 또한, 붐이 바깥쪽으로 벌어지는 형태로 제어가 되기 때문에 가운데에서 양측으로 좀 더 비산되는 패턴을 관찰할 수 있다. 두 번째 패턴은 3m 보다 높은 고도에서 붐 각을 제어하여 살포했을 경우 나타나는데, 그 패턴은 안으로 오목한 형태로 관찰되고 살포 량이 첫 번째 패턴에 비해 가운데로 조금 더 몰리는 패턴으로 관찰된다. 두 패턴 모두 고도에 따라 붐 각을 제어하여 7.5m 근처에서 유효 살포 폭을 보이지만, 3m 보다 낮은 고도에서 비행 시 7.5m 이상의 영역에 좀 더 비산되고 있음을 관찰할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 무인헬리콥터에 의한 항공 방제 시 비행 고도 및 속도 유지 실패로 발생하는 중복 및 미 살포 영역과 살포 량의 차이를 줄여 균일 살포가 가능한 항공 방제용 스마트 살포 제어시스템을 제안하였고, 이를 실제 실험을 통해 검증하였다. 제안된 시스템을 사용했을 때 얻을 수 있는 효과는 다음과 같다.

첫째, 조종 오차에 의해 발생하는 살포 폭 및 살포 량 변화를 일정하게 유지하여 중복살포 및 미살포 영역을 줄이고, 살포 과도 및 살포 부족영역을 줄일 수 있다. 실험을 통해 7.5m의 유효 살포 영역을 형성하고, 입자 개수는 평균 46423개로 고른 분포도를 보였다.

둘째, 일정고도 및 속도를 유지하는 무인헬리콥터를 만드는 것보다 쉽게 균일방제 효과를 얻을 수 있다.

셋째, 농약 살포뿐만 아니라, 씨앗이나 비료 살포에도 응용이 가능하다. 씨앗이나 비료 살포 역시 불균일한 살포 시 밀집되어 자라거나 성장상태가 나쁜 영역을 형성

한다.

향후, 무인헬리콥터의 롤과 피치, 진동, 바람 등을 고려하여 방제 장치의 개선이 필요하며, 성장상태 분석과 연동하여 비료 및 농약의 살포가 가능하도록 개선되어야 할 것이다.

References

- [1] Soek, T. S., et al, "Aerial application using a small RF controlled helicopter (II) -development of power unit-", Journal of Biosystems Engineering, Volume 31, Issue 2, pp. 102-107, 2006
DOI: <http://dx.doi.org/10.5307/JBE.2006.31.2.102>
- [2] RDA. 2004. Farm House-Hold Labor Hours By Crops. RDA, Suwon, Korea
- [3] Sang-Deok Kim, et al., "Design and Fabrication of a small Coaxial Rotorcraft UAV", Journal of The Korean Society for Aeronautical & Space Sciences Volume 37, Issue 3, pp. 293-300, 2009
DOI: <http://dx.doi.org/10.5139/JKSAS.2009.37.3.293>
- [4] Jun-Beom Song, et al., "Development of an Embedded Controller-based Automatic Flight Control System for a Small Unmanned Helicopter", 2011 Fall Conference of Korean Society for Aeronautical & Space Sciences, pp. 1305-1310, 2011
- [5] Jeong-Seong Kim, et al., "Study of Flight Control Mode for Unmanned Helicopter", 2012 Spring Conference of Korean Society for Aeronautical & Space Sciences. pp. 1224-1228, 2012
- [6] Chung, C. J., et al, "A study on development of a pneumatic granular applicator for paddy field(I)-Granular discharge rate, diffuser and optimal application conditions", Journal of the Korean Society of Agricultural Machinery, Volume 22, Issue 2, pp. 127-136, 1997
- [7] Fulton, J. P., et al., "Performance assessment and model development of a variable rate, spinner-disk fertilizer applicator", Transaction of the ASAE Volume 44, Issue 5, pp. 1017-1018, 2001
- [8] T. G. Kang, et al., "Development of Aerial Application System Attachable to Unmanned Helicopter - Basic Spraying Characteristics for Aerial Application System -", Journal of Biosystems Engineering, Volume 35, Issue 4, pp. 215-233, 2010
DOI: <http://dx.doi.org/10.5307/JBE.2010.35.4.215>
- [9] Sun-Ho Jee, et al., "Design of Smart Aerial application Control System by Unmanned Helicopter", pp. 1029-1032, 2014 Summer Conference of The Institute of Electronics and Information Engineers, 2014

지 선 호(Sun-Ho Jee)

[정회원]



- 2011년 2월 : 한국기술교육대학교 전기전자통신공학부(공학석사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 대학원 전기전자통신공학부 박사과정

<관심분야>

Fuzzy, Neural Networks, System Control, Robotics

전 부 일(Bu-Il Jeon)

[정회원]



- 2011년 2월 : 한국기술교육대학교 전기전자통신공학부(공학석사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 대학원 전기전자통신공학부 박사과정

<관심분야>

Fuzzy, Neural Networks, System Control, Robotics

조 현 찬(Hyun-Chan Cho)

[정회원]



- 1991년 2월 : 중앙대학교 전자공학과(공학박사)
- 1991년 9월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 전기전자통신공학부 교수

<관심분야>

Fuzzy, Neural Networks, System Control, Robotics