

농약 살포용 무인비행선 개발에 관한 연구

김건식* · 박근범* · 김정환* · 이상준* · 송용규****

A Study on Development of Unmanned Airship for Agricultural spray

Keonsik Kim* · Kunbum Park* · Junghan Kim* · Sangjun Lee* · Yongkyu Song****

ABSTRACT

In the hot summer manual spray work for plants would be the hardest one among the agricultural field works. Besides the physical load the possible toxication would strongly ask a way to do the job on behalf of human. Although an aircraft with sprayer could be a good candidate, the manned airplanes do not play proper roles in our country because of field geometry. Today, unmanned helicopter as expensive as 200,000 dollars can do the job with high risk of control. Therefore safe and cheap air vehicle with sprayer, if developed, could be a great help to agriculture.

Key Words: Unmanned airship, Agricultural spray, Agrichemicals

기 호 설 명

L : 농약 방제량 [ℓ]
 θ : 비행선의 pitch angle [deg]
 φ : 비행선의 roll angle [deg]

1. 서 론

무더운 여름날 농촌에서 농약을 방제하는 일은 육체적으로도 매우 힘들뿐만 아니라 농약 중독의 위험성도 있어 이를 대행해 줄 방법을 찾는 것은 매우 절실하다. 따라서 이미 여러 분야에서 이용되고 있는 비행체를 이용하여 농약을 뿌릴 수 있다면 큰 도움이 될 수 있겠지만, 우리

나라 실정상 유인기의 사용은 많은 어려움이 따르기 때문에 일부에서는 무인 헬리콥터를 이용하기도 한다. 하지만 하나의 무인헬리콥터 장비에만 2 억원 정도로 매우 고가이고, 운용 시 조종에 대한 위험성이 크기 때문에 보다 안전하고 저렴한 비용으로 농약을 살포할 수 있는 비행체를 개발하면 농촌에 큰 도움이 될 것으로 판단하여 개발하게 되었다.

본 연구는 비행선의 높은 경제성으로부터 착안하여 비행선이 방제용으로 사용될 경우 문제시 될 수 있는 기체의 낭비를 최소화하여 방제용으로써 적합하도록 하는 기술을 제시하고 기존의 일부지역에서 수행되고 있는 대량방제작업을 수행할 수 있는 방제용 무인비행선을 개발하는 것을 목표로 하였다.

*학생회원, 한국대학교 항공우주 및 기계공학부

****종신회원, 한국대학교 정교수

연락처, E-mail: yksong@kau.ac.kr

2. 개발 과정

2.1 개발 목표

현재 운용중이며 안전하고 저렴한 비행체로 적합한 무인비행선을 택하여 농약 살포가 가능하도록 시스템을 설계하기로 하고, 현재 상용화에 성공한 방제 장비들에 대한 사전 조사를 통하여 다음의 설계요구사항을 도출하였다.

- 가시권 내에서 무선을 통한 운용 가능.
- 농약 방제 시 고도 3~5 m, 속도 18 km/h 이내에서의 운용 안정성.
- 1 회 25 L 이상의 방제액 탑재가 가능.
- 10 만평/일 이상의 면적에 대한 방제 가능.

2.2 개발 방향

일반적인 비행선은 이륙하기 위한 양력을 대부분 기낭에 의한 정적양력을 이용하여 이륙한다. 그렇기 때문에 정적양력만으로 추가된 농약의 무게와 비행선을 이륙시킨다면 기낭의 크기 또한 추가된 무게만큼 부피가 커져야 함으로 제작과 운용이 어렵고 또 운용하더라도 농약을 다 방제한 후에 지상으로 내려오기 위해 기낭 안의 헬륨 가스를 방출해야만 하는 문제점이 있다.

이는 운용의 효율성을 감소시키고 자원 낭비와 운용비에 부담을 증가시킬 수 있다. 이를 보완하기 위해 하나의 가솔린 엔진으로 구동되는 부상용 로터를 별도로 제작하여 장착함으로써 동적양력을 증가시켜 비행선에 추가된 농약의 무게와 비행선을 상승할 수 있도록 하는 양력을 생성시키고 방제 완료 후에는 동적양력을 감소시켜 하강할 수 있도록 하였다. 이러한 기낭에 의한 정적양력과 함께 부상용 로터에 의한 동적양력을 병용할 수 있도록 개발 방향을 설정하였다.

2.3 개발 수행 과정

2.3.1 전동프로펠러 구동용 전원공급

비행선의 전진 방향에 대한 추력을 제공하는

전동프로펠러의 전원공급은 실험 후 발전기에서 리튬폴리머 배터리로 변경하였다. 실험 과정에서 발전기의 경우 곤도라 구조물 변경으로 인한 중량 증가와 낮은 발전 효율로 인해 과도한 연료소모 문제가 발생하였다. 이를 해결하기 위해 발전기를 리튬폴리머 배터리로 대체함으로써 비행시간도 연장되고, 초기 설계치인 60 kg 수준으로 비행선 중량을 감소시킬 수 있었으며, 구조물에 탑재공간도 기존보다 더 확보할 수 있었다.

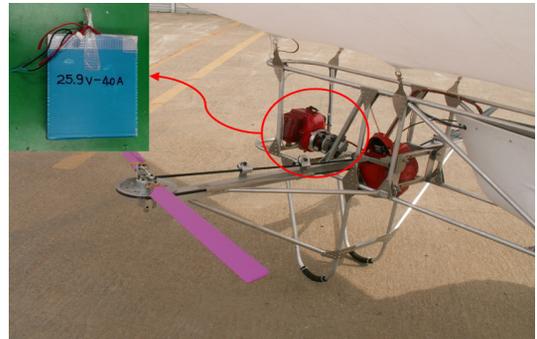


Fig. 1 발전기가 설치된 모습과 리튬폴리머 배터리(좌)

2.3.2 부상력의 비중 조절

비행선의 부상력 중 정적양력의 비중이 증가하게 되면 체공시간이 길어지고 경제성이 높아는 것에 비해 비행선의 동적안정성은 감소하게 된다. 이러한 비행선의 동적안정성 감소는 방제 성능과 직결되므로 여러 차례의 실험을 통하여 얻은 실험결과를 바탕으로 안정성을 해치지 않는 범위 내에서 총 부상력에 대한 정적양력이 차지하는 비중을 증가시켰다.

2.3.3 로터 추력선 위치 조절

비행 시 만약 비행선의 무게중심과 로터의 추력선 정렬이 일치하지 않을 경우 로터 구동에 따라 비행선에 모멘트가 발생하며 이는 θ 방향이 변화되게 한다. 따라서 비행선의 설계 시 로터 추력선이 항상 무게중심을 지나 일치하도록 이루어져야 한다. 또한 개발 실험과정에서 변화된

무게중심에 따른 로터 추력선의 위치가 지속적으로 변화되었기 때문에 이를 해결하기 위해 여러 번의 실험결과를 토대로 최소 허용 범위 내에 로터의 장착위치를 결정하여 로터 구동에 따른 모멘트 발생이 최소화 되도록 하였다.

2.3.4 로터 기어면 높이 조절

실험 중 비행선의 착륙 시 부상용 로터와 곤도라 구조물의 충돌로 로터와 기어가 파손되는 경우가 발생하였다. 발생 원인은 낮은 로터 회전속도로 인한 φ 방향의 동적 불안정성과 양력감소로 로터의 끝단 높이가 낮아지는 현상이 복합적으로 발생한 결과로 판단하였다. 그리하여 로터면의 이격 높이를 기존 설계 시 보다 50 mm 증가시켜 착륙 시 이에 대한 안정성을 높이도록 하였다.



Fig. 2 설계 변경된 로터 회전면

2.3.5 농약 살포 장치

농작물에 대한 농약의 흡착력을 높이려면 분사된 농약 입자의 운동량을 증가시켜야 한다. 이를 위해 분사압력을 높이는 방법과 분사입자 크기를 증가시키는 방법을 고려할 수 있으나 후자에 경우 별도의 장비를 추가 하여야 함으로 그로 인한 중량이 증가하게 된다. 이는 중량이 주요 설계 변수인 비행체의 특성과 부합하지 않는다.

그러나 전자인 경우 개발 중인 비행선의 추력용 전동프로펠러와 부상용 로터의 복합적 회전 구동으로 생성하는 와류에 농약 입자를 편승시

켜 운동량을 증가시키는 것이 가능함으로써 후자보다 더 효율적이라고 판단하였다. 이러한 판단으로 농약 분사 노즐 장비를 부상용 로터 하부에 장착하여 실험한 결과 중량 증가 없이 분사압력에 따른 농약 입자의 운동량을 증가시켜 농약 입자의 흡착력을 높일 수 있을 거라는 결론을 얻을 수 있었다.

2.3.6 Yaw 축 제어 프로펠러

일반적인 비행선은 헬리콥터보다 상대적으로 큰 선회반경으로 인해 비행경로 계획에 일부 제약을 받을 수 있다. 하지만 하부 수직안정판에 rudder와 연동된 프로펠러를 설치함으로써 비행선의 선회반경을 줄이고 호버링(제자리 비행) 상태에서의 방향전환도 가능하도록 하였다.

3. 결 과

Table 1에서 개념 설계 자중은 60 kg이었으나 발전기와 곤도라 구조물의 중량 증가로 인해 69 kg 까지 증가하였다. 이후 발전기를 리튬폴리머 배터리로 대체하는 방법으로 최종 비행선의 자중은 63 kg 이 되었다.

Table 1. Design specification

	개념설계	상세설계
비행선 자중 (kg)	60	63
농약하중 (kg)	25	30
기낭 (m) (전장×전고×전폭)	12 × 4.5 × 4	13 × 5 × 4
곤도라 (m) (전장×전고×전폭)	2.2 × 1.0 × 3.6	2.3 × 1.04 × 4
전진용 엔진 (HP)	Max 3	Max 3.2
부상용 엔진 (HP)	Max 6	Max 6.8
분무장치 너비 (m)	3.6	4
운용 속도 (m/s)	Max 6	Max 7

부상력 또한 개념 설계 치에 비하여 증가되었

다. 이는 여러 번의 실험 결과를 토대로 비행 안정성 허용 범위 내에서 더 많은 정적양력의 생성이 가능함을 알아낼 수 있었기에 기량의 크기를 늘리고, 동시에 부상력의 비중 조절을 위해 동적양력을 생성하는 가솔린 엔진 역시 설계치보다 큰 출력을 발생하는 것으로 교체 장착하여 농약 탑재 하중은 개념 설계 치인 25 kg 보다 많은 30 kg 이상으로 탑재가 가능하게 되었다.



Fig. 3 최종 제작된 곤도라

Figure 3은 최종 제작된 곤도라의 모습이다. 보라색의 부상용 로터의 아래로 좌우로 길게 뻗어있는 검은 색 농약 살포용 송수관을 확인할 수 있다. 좌우 총 4 m 의 송수관에 장착된 6 개의 노즐을 통해 농약 입자가 동시에 분무된다.



Fig. 4 실제 농지에서 실행된 실험 사진

제작이 완료된 비행선의 성능 검증을 위하여

실제 농지를 대상으로 방제 실험을 실시하였다.

실험 결과 비행안정성과 조종성, 살포 입자의 농작물 표면 흡착 능력의 3 가지 면에서 모두 만족스러운 결과를 확인할 수 있었다. 하지만 θ 방향 안정성에 대하여 다른 결과들에 비해 상대적으로 아쉬운 결과가 나왔다. 이는 비행선 형상에 따른 양력 발생이 주된 원인으로 생각되며, 자동제어에 앞서 보완이 필요하다고 판단된다.

4. 결 론

유사한 기능을 하는 무인 헬리콥터 한 세트의 가격이 2 억원 정도인데 비해 본 연구를 통해 개발된 농약 살포용 무인비행선은 약 3 천만원 정도로 예상되며, 감가상각비와 운영비를 고려할 때 용역비도 무인헬리콥터의 3.3 m^2 당 25 원 정도에 비해 3.3 m^2 당 10 원 정도로 예상된다. 또한 무인 헬리콥터는 수지를 맞추기 위해 하루 33만 m^2 의 용역 대상 면적이 있어야 용역을 나갈 수 있으나 무인비행선의 경우 그 보다 훨씬 적은 10만 m^2 의 면적만 있어도 용역이 가능할 것으로 예상돼 우리나라 농지 실정에 적합하다고 하겠다.

참 고 문 헌

- [1] 강민성, “다목적 무인 비행선 제작 및 동적 모델링”, 홍익대학교 대학원, 2001.
- [2] 김태홍, “무인 비행선의 설계(Design for an Unmanned Airship)”, 동양대학교논문집, Vol.9, No.1, 2003.
- [3] 정봉구 외1명, “50m급 무인비행선 시험비행 안정성 요구사항에 관한 연구”, 한국항공우주학회지, Vol.12, No.2, 2004.