

과제구분	기본과제	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제		연구분야	수행기간	연구실	책임자
인공지능 및 드론의 농업적 활용기술개발		미래농업	'16~17	농업기술원 원에연구과	이영석
드론을 이용한 농약방제 적용시험		미래농업	'16~17	농업기술원 원에연구과	이영석
책임용어	농약방제, 드론, 배				

ABSTRACT

In this study, we investigated the prevention condition of agricultural chemicals using drone in pear orchard. The condition of drone flying under 5m altitude and 15km/h speed was best of all. The agricultural chemical was treated ultra low volume(ULV, 20 times dilution) using drone and was treated 1,000 times diluted solution using speed sprayer(SS). The results suggested that control value similar between th agricultural drone and the conventional practices. Also, phytotoxicity was not observed in both, and cost and working time by the agricultural drone application reduced 28% and 87%, respectively.

Keywords : Chemical Control, Drone, Pear

1. 연구목표

상업용 민간 국내 드론시장은 도입초기로 미미한 편이지만 고 성장세를 보이며 향후 15년간 1.6조원 시장으로 발전할 전망이다. 농업용 드론활용이 주요 부분을 차지할 것이라 예상되고 있으며 농촌 고령화 및 농촌 일손 부족으로 인한 노동력 절감 및 효율적 생산방법으로 항공방제가 부각되고 있다(정 등, 2015). 그러나, 아직 까지 무인항공방제를 위한 작물보호제의 종류 및 적용 작물의 한계가 있으며, 무인 헬기용 작물보호제는 주로 수도작 병해충 방제용으로 국한되어 있어 과수, 채소 등의 원예작물에도 다양하게 적용되어야 할 시점이 도래하고 있다. 이에, 경기도농업기술원에서는 배 과수원에 드론을 이용하여 농약방제의 비행속도, 비행높이, 살포노즐 등 적합한 비행조건을 수립하여 배의 품질저하를 초래하고 있는 흑성병, 적성병의 드론을 활용한 농약방제시 희석조건별 살포농도를 구명하고자 수행하였다. 또한, 이 연구 결과를 도내 배 과수원 2개소에 현장적용 실증까지 추진함으로써 농업용 드론을 통한 실용적인 약제방제 효과까지 검토한 바를 보고하고자 한다.

2. 재료 및 방법

드론을 이용한 농약방제 적용시험은 2016년은 경기도농업기술원 배 과수원에서 수행하였으며, 2017년은 평택시 배 과수원 2개소를 선정하여 현장적용시험을 추진하였다. 사용된 농업용 드론은 표 1과 같은 제원을 사용하였다.

표 1. 드론 제원 및 성능

구분	세부제원	비고	
항공기	형식	무인회전익멀티콥터	8
	제작사	(주)카스컴	AFOX-1A
	너비(W)	1,760	mm
	길이(L)	1,760	mm
	높이(H)	650	mm
	최대이륙중량	32	kg
	기체중량	17kg	12kg 이상 (자격증)
	설계운항속도	20km·h ⁻¹	순항속도(25km·h ⁻¹)
	항속시간	15min	
	연료규격	리튬폴리머 6셀/ 25V	
항공방제	약제담제량	10L	
	1회 방제시간	7min	

방제 균일도 조사방법은 감수지를 상엽, 중엽, 하엽에 각 3개씩 윗면과 아랫면에 부착하고 방제후 변색된 부분을 비교하였다.

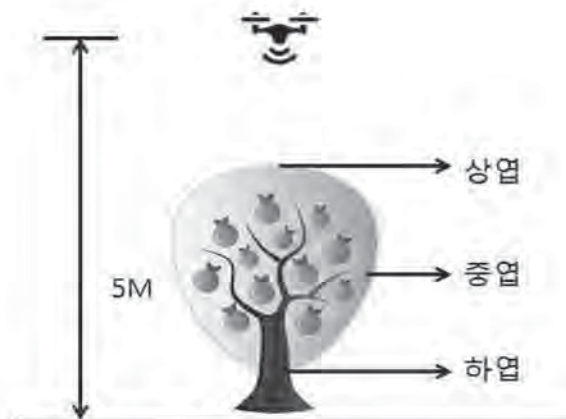


그림1. 드론 방제 균일도 조사를 위한 처리

약제 처리방법은 각 약제 희석농도를 각 처리구역에 구역을 나누어 10배, 20배 희석을 하여 시험하였다.

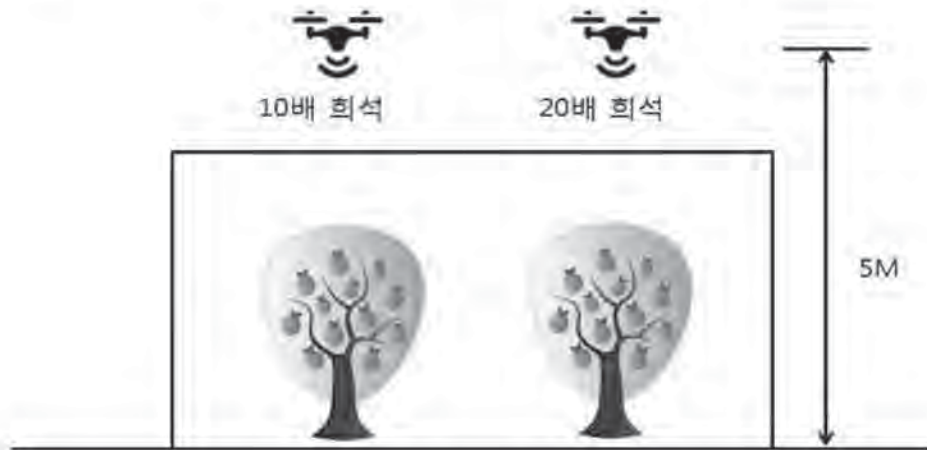


그림2. 약제 희석농도 처리 방법

병발생을 조사방법은 흑성병, 적성병에 대하여 약제 처리 7~10일 후 주당 20가지, 가지당 10엽을 조사하였으며 표시 방법은 다음과 같다.

$$\text{발병엽률(\%)} = (\text{발병엽수}/\text{조사엽수}) \times 100$$

약해 조사방법은 반점 및 운문의 유무, 황변 또는 엽소 여부, 경엽의 위조 위축 여부를 조사하였으며 약해표시 정도는 농업과학기술 연구조사 분석기준으로 표시하였으며 드론 약제 방제에 약제 분사장치 제원 및 성능은 표 2와 같다.

표 2. 약제 분사장치 제원 및 성능

구 분		세부제원	비고
펌프	사용전력	12.0 - 24.0 V	
	회전수(회)	11,000	
	압력	5-6 PSI	
	토출량	1.8 L·min ⁻¹	혼합약제 : 1.4 L·min ⁻¹
노즐	압력	2 BAR	
	분사각	70°	
	분사형태	원뿔형	
	입자크기	100 μ m	
	토출량	1.6 L·min ⁻¹	혼합약제 : 1.2 L·min ⁻¹

3. 결과 및 고찰

드론 비행조건은 약제살포 밀도를 보았을 때 살포높이 5m, 비행속도 15km·h⁻¹ 일 때 평균 잎 상면과 잎 하면에 가장 높음을 알 수 있었다(표 3). 드론 약제 살포농도별 병해는 희석농도 10배, 20배의 농도일 때 관행과 비교하여 적성병, 후성병에 차이가 없었으나 10배일 때 약해가 발생하여 배과수원에서는 20배 물 희석농도가 적정함을 알 수 있었다(표 4). 또한 농가 현지 시험 결과 비행조건과 20배 희석농도를 적용하여 수행하였을 때 후성병, 적성병 방제는 관행과 차이가 없음을 알 수 있었다(표 5, 6).

표 3. 드론 비행조건별 약제살포 밀도

살포 조건	감수지 높이	잎 상면 (개·cm ²)	잎 하면 (개·cm ²)
살포높이 : 5 m 비행속도 : 10 km·h ⁻¹	상	68.8	5.7
	중	72.8	8.4
	하	57.7	5.1
	평균	66.4	6.4
살포높이 : 5 m 비행속도 : 15 km·h ⁻¹	상	38.4	6.8
	중	106.2	13.3
	하	91.3	5.0
	평균	78.6	8.4
살포높이 : 7 m 비행속도 : 15 km·h ⁻¹	상	58.3	4.1
	중	63.6	5.4
	하	53.3	5.7
	평균	58.4	5.1

※일시 : 2016. 4. 5. 10:00~11:00, 평균 풍속 1.1 ㎞ 최고풍속 2.5 ㎞

※항공방제시 살균제 입자 적정 밀도 : 75개/cm²

※덕높이 : 3m

표 4. 약제살포 농도별 병해 및 약해 발생율

방제방법	드론 약제 살포 농도	후성병 발병율 (%)	적성병 발병율 (%)	약해 (0~5)
드론방제	10배	0.29	0.56	0.1
	20배	0.21	0.48	0
SS기 방제	관행	0.33	0.71	0

※1차 방제 : 4/12 (파리사드액상수화제+칼립소액상수화제)

※2차 방제 : 4/26 (시스텐수화제+더스반수화제)

※약해표시정도 : 0 : 육안으로 약해가 인정되지 않음, 1 : 아주 가벼운 약해로 작은 약반이 약간 인정됨, 2 : 처리된 잎의 작은 부분에 약해가 인정됨.

표 5. 농약 입자 살포 밀도

살포 방식	농가1			농가2			농약입자 살포 형태
	감수지 높이	앞 상면 (개·cm ⁻¹)	앞 하면 (개·cm ⁻¹)	감수지 높이	앞 상면 (개·cm ⁻¹)	앞 하면 (개·cm ⁻¹)	
드론	상	54.6	9.4	상	36.2	5.6	
	중	62.2	8.4	중	36.4	8.4	
	하	52.2	5.1	하	36.2	7	
	평균	56.3	7.6	평균	36.2	7	
SS기	상	all	all	상	all	all	
	중	all	all	중	all	all	
	하	all	all	하	all	all	
	평균	all	all	평균	all	all	

※ 농가 1 : 평택 안중 소재, 농가2: 평택 죽백동 소재

표 6. 후성병과 적성병 병해 및 약해 발생을

살포 방식	농가 1			농가2		
	후성병 발병엽율 (%)	적성병 발병엽율 (%)	약해 (과실)	후성병 발병엽율 (%)	적성병 발병엽율 (%)	약해 (과실)
드론	0	0	0	0	0	0
SS기	0	0	1%	0	0	15%
무방제	0	70 (9)	0	-	-	-

※발병엽율 : 0: 무발병, 1 피해엽율 0.0 ~ 1.0% 이하, 7 : 20 ~50 %이하, 9: 50% 초과

표 7. 충해발생율(1차 조사, 2017. 5. 30)

살포 방식	농가 1			농가2		
	진딧물	꼬마배나무이	각지벌레	진딧물	꼬마배나무이	각지벌레
드론	0	0	0	0	0	0
SS기	0	0	0	0	0	0
무방제	9	0	0	-	-	-

※진딧물 밀도 : 0: 발생무, 1: 엽당 1~10 마리, 3 : 엽당 11~50마리, 5: 엽당 51~ 100마리, 7: 엽당 101~200마리 9: 엽당 201마리/엽 이상

표 8. 충해발생율(2차 조사, 2017. 6. 16)

살포방식	농가 1			농가2		
	진딧물	꼬마배나무이	각지벌레	진딧물	꼬마배나무이	각지벌레
드론	9	3	1	9	5	7
SS기	1	0	0	1	0	0
무방제	9	5	7	-	-	-

*꼬마배나무이 밀도 : 0 발생 무, 1 :엽당 1~2마리, 3 :엽당 3~5마리, 5 :엽당 6~9마리
 각지벌레 피해율 : 1 피해율 0.0 ~ 1.0% 이하, 3 : 1~3 %이하, 5: 3.0~8.0%이하 7 : 8~15% 이하

진딧물 밀도 : 0: 발생무, 1: 엽당 1~10 마리, 3 : 엽당 11~50마리, 5: 엽당 51~100마리, 7: 엽당 101~200마리 9: 엽당 201마리/엽 이상

표 9. 생육조사

살포방식	농가1					
	과중 (g)	당도 (°Bx)	종경 (mm)	횡경 (mm)	수량 (개·주 ⁻¹)	평균중량 (kg·주 ⁻¹)
드론	928	12.6	110	117	96	89.0
SS기	962	12.4	120	132	95	91.3
무방제	-	-	-	-	-	-

※ 조사일: 2017. 9. 27.

살포방식	농가 2					
	과중 (g)	당도 (°Bx)	종경 (mm)	횡경 (mm)	수량 (개·주 ⁻¹)	평균중량 (kg·주 ⁻¹)
드론	570	11.9	88.6	104	107	60.9
SS기	576	11.8	88.0	105	98	55.3
무방제	0	0	0	0	0	0

※ 조사일 : 2017. 9. 19. 수출배

드론 농약방제 적용시험에서 충해방제의 경우 관행에 비하여 5월말까지는 차이가 없음을 알 수 있었다(표 7). 그러나 6월 중순부터 드론 농약방제의 경우 관행에 비하여 충해 발생율이 증가함을 알 수 있다(표 8). 따라서 배나무에 잎이 무성해지는 시기에 농약에 잎에 가려서 잎 하면에 전착이 되지 않으면서 충해 방제가 되지 않음을 알 수 있었다. 6월 중순 이후에 충해에 따른 농약방제는 관행으로 전환하여 시험하여 드론농약방제와 관행에서의 생육조사 결과 차이가 없음을 알 수 있었다(표 9).

표 10. 경제성분석

(1ha 기준)

구 분		SS기	과수 방제용 드론
구입가격(원)		39,000,000	30,000,000
내용연수(년)		6	6
연간사용시간(시간/년)		60	8
연간고정비 (원/년)	감가상각비	6,500,000	4,833,330
	수리비	2,340,000	1,800,000
	이자	602,550	459,000
	소계	9,442,550	7,092,330
연간유동비 (원/년)	연료비	146,040	0
	전기료	0	51,200
	소계	146,040	51,200
노력비(원/년)		958,020	127,736
연간소요비용		10,468,710	7,271,266
비용지수		100	72

※내용연수 6년(농업과학기술개발 경제성 분석 기준자료집(농진청), 2016)

※시간당 인건비 15,967원 평균제조업임금(농산물 소득자료 년도별 생산비(농진청), 2016)

※전국 배 과수원 평균 면적 0.78 ha (과수 재배 농가 및 면적(통계청), 2015)

관행에서 농약희석 포함하여 방제시간이 390분 걸리는 시간이 45분으로 단축되어서 87%의 노동력 절감되었고, 경제성 비교결과 1ha 규모의 배농가에서 28%의 비용지수가 감소함을 알 수 있었다(표 10).

4. 적 요

드론을 이용한 농약방제 시험을 통하여 배나무 흑성병 적성병에 대한 드론 비행조건을 조사하였으며 농약방제 기술을 개발하였다. 드론비행 조건은 지면에서 5m 높이로 15km·h⁻¹ 속도로 방제하였을 때 가장 적합하였다. 관행에서 SS기의 물 희석농도가 1,000배로 사용대비 드론 방제 농약의 물 희석농도 20배일 때 약해가 발생되지 않았으며 생육조사 결과 관행과의 차이가 없었다. 드론으로 농약 방제한 결과 관행대비 87% 노동력 절감효과와 28% 비용절감 효과를 볼 수 있었다.

5. 인용문헌

- 정구현, 이진홍, 전명희, 박인태. 2015. 무인항공기, 쌀 농업을 띄운다. 경기농업 FOCUS.
 김대진. 2015. 드론 부상이 산업에 미치는 영향과 시사점. KDB 산업은행.
 국토교통부, 한국교통연구원, 한국항공우주연구원. 2017. 드론 활성화 지원 로드맵 연구.
 장태경, 전현중, 이채식, 최덕규, 곽태용. 농업용 무인헬기 이용기술개발. 2011년도 국립농업과학원 시험연구사업보고서
 성덕경, 김영광, 진영민, 노일래, 심상인, 김석현, 김철수, 정정성, 2015, 농업용 무인헬기를 이용한 콩 재배지에서의 담배거세미 나방(*Spodoptera litura*) 방제, 농업생명과학연구학회지.vol 49, No3, 27-34

6. 연구결과 활용제목

- 드론을 이용한 배과수원 농약방제 실용화기술(영농활용)

7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도	
						'16	17
드론을 이용한 농약방제 적용 시험	책임자	농업기술원 원에연구과	농업연구사	이영석	세부과제총괄	○	○
	공동연구자	"	농업연구관	하태문	결과검토	○	○
		"	"	서명훈	결과검토	○	○
		"	농업연구사	황규현	생육조사	○	-
		"	"	이정혜	생육조사	○	○
"	"	"	박주현	생육조사	○	○	