

농업용 방제 드론의 경제성 분석¹⁾

김성섭*, 채용우*, 정우석*

*농촌진흥청 농산업경영과

e-mail:kss2486@korea.kr

Economic Analysis of Drone for Pesticide Application

Seongsup Kim*, Yong Woo Chae**, U-Seok Jeong*

*Farm & Agribusiness Management Division, Rural Development Administration

요약

본 연구는 농업 노동력 부족을 해결하기 위한 대안으로 각광 받고 있는 드론의 경제성을 분석하기 위한 목적으로 수행되었다. 분석은 손익분기분석을 활용하였으며, 현장에서 실제로 드론을 활용하고 있는 전라북도의 6농가의 자료를 사용하였다. 분석결과 고압분무기를 통해 방제를 하고 있는 농가의 드론 도입의 손익분기면적은 33.3ha로 도출되었다. 반면 위탁영농을 활용하고 있는 농가는 드론 도입의 손익분기 면적이 53.8ha로 도출되었다. 드론의 현장 보급을 확대하기 위해서는 드론 국산화 도모를 통해 기체와 배터리 가격을 대폭 낮추어야 하고, 교육비지원과 적절한 보험상품의 구성이 필요한 것으로 나타났다. 특히, 드론의 경우 인명사고로 이어질 확률이 낮다는 점과 드론 운영 경력에 따라 사고율이 급감하는 점이 보험상품 구성에 충분히 반영될 필요가 있다.

1. 서론

드론은 다양한 산업과 융합되면서 급속하게 확산되고 있다. 미국 Teal Group은 세계드론 제작시장 전망을 '16년 55.7억\$에서 '26년 221.2억 \$로 전망하였다[1]. 글로벌 드론 시장은 군수용을 중심으로 성장해왔으나 최근 농업, 에너지, 물류 등 상업용 시장으로 확장되고 있다. 우리나라 역시 드론 활용의 촉진 및 기반조성에 관한 법률을 제정하고, 드론산업육성 계획을 수립하여 '17년 기준 704억 시장규모를 '26년까지 4조 4,000억 원으로 확대하고, 상업용 드론 5.3만대 상용화를 목표로 설정했다[2].

드론은 기술의 발전과 함께 단가가 하락하고 있으며, 농업 분야에서도 드론의 활용이 증가하고 있다. 시장조사 전문기관 Marketsandmarkets는 글로벌 농업용 드론 시장이 '19년 12억\$에서 '24년 48억\$ 규모로 성장할 것으로 전망하였다[3]. 또한, Teal Group은 농·업입 분야의 시장 규모가 가장 크고, 당분간 이러한 상황이 지속될 것으로 전망하였다. 우리나라

에서도 농촌이 고령화되면서 농업 노동력 부족을 해결하기 위한 대안으로 드론이 각광 받고 있다. 다만, 농업용 드론이 현장에 확산되기 위해서는 드론을 활용한 재배기술이 확립되어야 한다. 따라서 현재 우리나라에서 수행 되고 있는 농업용 드론 관련 연구는 재배기술의 확립에 초점을 맞추어서 수행되고 있다. 강영호 외는 벼 재배의 농업용 드론의 파종 및 방제 적용 가능성을 평가한 연구를 수행하였다[4]. 김성근 외, 문중운 외는 농업용 드론의 분사 노즐 위치의 최적화와 분사 성능 개선을 위한 노즐 개발에 관한 연구를 수행하였다[5, 6]. 상기 연구들은 드론이 농업에 적절하게 활용되기 위한 기초 연구로 큰 의미가 있다. 다만, 벼 농업에서는 방제드론에 대해 어느 정도 재배기술이 확립되었음에도 불구하고, 드론의 경제성과 관련된 연구는 일부만 수행되었다. 정구현 외는 드론의 한 종류인 농약 방제용 무인헬기에 대한 손익분기분석을 실시하였으나 무인헬기는 농가단위에서 사용하기보다는 주로 공동 및 산림 방제목적으로 활용되고 있다[7]. 본 연구는 농가단위에서 사용 가능한 방제용 드론의 경제성을 분석하였는데 선행연구와 차이가 있다.

드론이 농가의 노동력을 획기적으로 감소시켜줄 것으로 기대되고 있지만 드론의 가격은 농가의 경영비 상승에 부담이 될 수밖에 없다. 본 연구는 드론의 경제성을 분석하기 위한 목적으로 수행되었다. 또한, 경제성 분석결과를 기초로 드론

1) 본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ01506502)의 지원에 의해 이루어진 것임

의 현장 확대방안을 마련하기 위하여 드론의 사용 만족도와 어려움에 대한 인식조사를 병행하였다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 드론의 경제성을 분석하기 위한 분석방법 및 자료를 정리하고, 3장에서는 분석결과를 제시하였다. 4장에서는 경제성 분석결과를 바탕으로 방제용 드론의 현장 확산에 대한 시사점을 정리하였다.

2. 분석방법 및 자료

2.1 경제성 분석

농업기술에 대한 경제성분석은 주로 예산법과 손익분기분석법을 통해 수행된다. 예산법은 관행기술과 비교를 통해 개선된 기술의 경제성을 평가할 수 있는 장점이 있다. 그러나 손익분기분석법과 같이 적정규모를 분석하기 어렵다는 단점이 있다. 본 연구는 드론을 도입하기 위한 최소한의 규모를 산정하는 것에 초점을 맞추었으며, 손익분기분석을 활용하여 드론의 경제성을 분석하였다.

손익분기 분석은 드론을 도입할 수 있는 최소한의 생산규모를 결정하기 위해 총수익과 총비용이 일치하는 손익분기점을 찾는다. 손익분기 분석을 위해서는 총비용을 고정비와 변동비로 구분해야 한다. 고정비는 면적에 관계 없이 고정적으로 발생하는 감가상각비 등이며 수리비와 자본이자율 등이 포함된다. 변동비는 생산량에 따라 일정한 비율로 변동하는 인건비, 연료비 등으로 구성된다. 고정비와 변동비가 결정되면 식 (1)을 통해 손익분기 규모를 결정할 수 있다. 일반적으로 신규 도입기술은 관행기술의 변동비보다 적게 소요된다. 따라서 신규 도입기술을 통해 절감 가능한 변동비로 고정비를 나누면 신규 기술을 도입할 수 있는 최소 손익분기 규모가 결정된다.

$$\text{손익분기 규모} = \frac{\text{도입기술 고정비} - \text{관행기술 고정비}}{\text{관행기술 변동비} - \text{도입기술 변동비}} \quad (1)$$

본 연구의 분석대상은 현장에서 가장 폭넓게 활용되고 있는 농업용 방제드론으로 한정하였다. [표 1]은 손익분기 분석을 위해 사용한 고정비용 자료이다. 자료는 전라북도에서 드론을 활용하고 있는 6농가의 정보를 기초로 산정하였다. 신규 도입기술은 드론이며, 관행기술은 고압분무기를 통한 농약방제이다. 추가적으로 최근 고령화와 함께 벼 농업에서 확대되고 있는 공동방제(위탁영농)를 드론의 도입과 비교하였다. 드론의 고정비용은 다음과 같다. 드론은 대부분 세트 구매되

지만 사용량에 따라 배터리 및 기타 소모품을 별도로 구매해야 하고, 내용연수가 다르게 적용되는 것으로 나타났다. 최근 드론 가격이 저렴해지고 있는 추세이기 때문에 본 분석에서는 기체가 가격은 20,000천원을 적용하였다. 배터리의 경우 개당 1,000천원, 사용량은 5개로 가정하였다. 또한, 드론을 방제가 능시기 동안 최대한 사용함을 가정하기 때문에 내용연수는 보수적으로 3년을 적용하였다. 충전기와 발전기는 각 1대씩 1,350천원, 500천원을 적용하였다. 관행방제인 고압분무기에 대한 고정비용은 다음과 같다. 고압분무기의 경우 350천원을 적용하였다. 고압분무기 사용에 따른 권취기, 호수, 기타 비용은 각각 1,500천원, 300천원, 200천원을 적용하였다. 드론과 고압분무기 모두 방제 시 차량이 필요하다. 다만, 드론이 고압분무기보다 1일 가능 작업량이 2배 수준이기 때문에 고압분무기의 차량 가동률이 15% 더 소요됨을 가정하였다. 수리비 계수는 3%, 자본이자율은 4.5%를 드론과 관행방제 고정비용에 동일하게 적용하였다.

[표 1] 드론과 고압분무기의 고정비용 (단위 : 천원)

항목	현장조사		적용		
	가격	내용연수	가격	내용연수	
드론	기체	11,000~28,000	5~7	20,000	5
	배터리*	700~1,500/개	2~5	1,000/개	3
	충전기	800~1,500	5~10	1,000	10
	발전기	500	10	500	10
관행방제	고압분무기	350	7	350	7
	권취기	1,500	15	1,500	15
	호수	300	10	300	10
	기타	200	15	200	15
차량**	17,000	10	17,000	10	
수리비계수	3%				
자본이자율	4.5%				

* 배터리 사용량은 5개를 가정함

** 차량 가동률은 15%를 적용

[표 2]는 손익분기 분석을 위해 사용한 변동비용 자료이다. 농약방제 시 발생하는 변동비를 구하기 위해서는 방제횟수, 방제인력, 유류 사용량, 1일 가능 방제량 등이 필요하다. 벼의 농약 방제는 초기제초제 포함여부, 기상여건에 따라 다르지만 평균방제횟수인 1년 3회를 적용하였다. 드론 방제 시 필요한 방제 인력은 2인/1일, 유류사용량은 차량운행에 필요한 경유 30l/회, 1일 가능 방제량은 20ha를 적용하였다. 고압분무기의 경우 방제 인력은 3인/1일, 유류사용량은 이동 및 고압분무기 사용을 위해 50l/회, 1일 가능 방제량은 5ha를 적용하

였다. 위탁영농의 경우 업체의 면담을 통해 확보한 75,000원/ha를 적용하였다.

[표 2] 농약방제 변동비용

항목		현장조사	적용
드론	방제 인력	1~2명/1일	2명/1일
	유류 사용량*	20~40l/1일	30l/1일
	1일 방제량	8~13ha	10ha
관행 방제	방제 인력	3명/1일	3명/1일
	유류 사용량	50l/1일	50l/1일
	1일 방제량	5ha	5ha
방제횟수		2~4회/년	3회/년
인건비		140,000원/명	
경유		1,100원/l	
위탁영농비		75,000원/ha	

* 드론의 경우 충전 시 전기, 발전기 사용 시 휘발유를 사용하나 금액이 미비하여 제외함

2.2 인식도

드론은 농업에 활용이 증가하고 있는 시점에서 다양한 정보를 제공할 필요가 있다. 드론 활용 형태가 크게 다르지 않은 상황에서 각 문항을 정량화하고, 추가적으로 세부항목에 대해서 농가를 심층분석하는 방법이 적절할 것으로 판단하였다. 주요 분석항목은 도입요인, 유용성 및 만족도, 활용의 어려움 등이며, 분석의 편의를 위해 7점 척도를 활용하여 각 질문을 정량화하였다.

3. 분석결과

3.1 경제성분석

[표 3]은 드론 도입의 손익분기면적을 도출하기 위한 기본 내용이다. 고정비는 내용년수와 가동률을 기초로 도출하였으며, 수리비와 자본이자를 함께 고려하였다. 변동비는 ha당으로 환산하였다. [표 4]는 [표 3]을 기초로 도출한 드론 도입의 손익분기면적이다. 이때, 고정비의 차이를 변동비의 차이로만 나눌 경우 1회 방제에 해당하는 면적이 산출되기 때문에 방

제횟수를 고려하여 최소 재배면적을 산출하였다. 관행방제를 하고 있는 농가의 드론 도입의 손익분기면적은 33.3ha로 도출되었다. 반면 위탁영농을 하고 있는 농가는 드론 도입의 손익분기 면적이 53.8ha로 도출되었다. 손익분기면적은 드론을 도입하기 위한 최소재배면적으로 만약 손익분기면적에 비해서 재배면적이 낮다면 드론을 도입하는 것이 경제성이 없음을 의미한다.

[표 3] 드론의 손익분기 분석 내용

(단위 : 천원)

항목		내용				
		값	계산식			
드론	고정비	감가상각비	기체	4,000	구입가격/내용년수	
			배터리	1,667	구입가격/내용년수	
			충전기	100	구입가격/내용년수	
			발전기	50	구입가격/내용년수	
		수리비	795	Σ 구입가격 × 수리비계수		
		자본이자	596	Σ 구입가격 ÷ 2 × 이자율 × 가동률		
	고정비합계		7,208			
	변동비	인건비	28	인건비 × 인력 ÷ 1일 방제량		
		유류비	3	유류비 × 사용량 ÷ 1일 방제량		
		자본이자	1	Σ 변동비 ÷ 2 × 이자율		
		변동비합계		32		
	관행방제	고정비	감가상각비	분무기	50	구입가격/내용년수
				권취기	100	구입가격/내용년수
				호수	30	구입가격/내용년수
기타				13	구입가격/내용년수	
차량			255	구입가격/내용년수 × 가동률		
수리비		147	Σ 구입가격 × 수리비계수			
자본이자		110	Σ 구입가격 ÷ 2 × 이자율 × 가동률			
고정비합계		706				
변동비		인건비	84	인건비 × 인력 ÷ 1일 방제량		
		유류비	11	유류비 × 사용량 ÷ 1일 방제량		
	자본이자	2	Σ 변동비 ÷ 2 × 이자율			
변동비합계		97				
위탁영농(자본이자포함)		77				

[표 3] 드론의 손익분기면적

(단위 : 천원, ha)

항목		내용	
		값	계산식
드론 vs. 관행	고정비차이(A)	6,502	드론-관행
	변동비차이(B)	65	관행-드론
	손익분기면적	33.3	(A)÷(B)÷방제횟수
드론 vs. 위탁 영농	고정비차이(C)	7,208	드론
	변동비차이(D)	45	위탁-드론
	손익분기면적	53.8	(C)÷(D)÷방제횟수

3.2 인식도

드론 도입 농가들은 드론에 대한 사전 관심도가 높지 않았으나 노동력 및 작업시간 절감 기대와 보조금 혜택으로 드론을 도입하였다고 응답하였다. 일부 농가는 인근 농가 작업대행으로 부가수익을 창출하는 것이 큰 이유라고 응답하였다. 드론의 유용성에 대한 질문에 대해서는 노동력 및 작업시간 절감에 효과적이고, 최근 비료 살포 및 조사료 파종까지 가능해지면서 다양한 농작업이 가능한 것이라고 응답하였다. 다만, 농도가 높은 드론 전용 농약의 사용과 농약 방제 시기는 동일 하기 때문에 농약 노출 및 무더위 피해 감소에는 큰 도움이 되지 않는다고 응답하였다.

[표 4] 드론 도입의 인식도 분석

항목	주요내용	값	
도입요인	도입동기, 도입 이유	-	
	도입 전 사전 관심도	3.3	
유용성 및 만족도	유용성	노동력 및 작업시간 절감	6.8
		농약노출, 무더위 피해 감소	3.7
		다양한 농작업 가능	5.5
	만족도	진만적 만족도	6.7
		기술지원 만족도	3.3
		지원금 규모 만족도	3.2
		교육지원 만족도	2.8
		농촌진흥기관의 조치 만족도	2.7
	소득 향상	경영비 절감	6.2
		작업대행 통한 부가수익 창출	4.8
		소득 향상에 대한 만족도	5.7
	기술 수용	지속적 이용 의향	6.8
		추가 구입 계획	6.0
		인근 농가에게 추천 의향	5.2
	위험성	방제 및 파종 효과 나쁨	2.8
농산물의 품질 불균형		3.7	
수확량 불안정		3.7	
용이성	드론 습득(조종)이 쉬움	2.7	
	드론 완성도가 높음	2.7	
기술 수준	드론 조종(활용)	5.0	
	드론 정비	3.7	
활용의 어려움	어려운 점	장애물 때문에 활용 어려움	5.7
		비싼 드론 기계 비용	6.7
		비싼 드론 배터리 비용	6.8
		낮은 배터리수명	5.8
		작은 고장	4.5
		A/S어려움	3.8
		수리비가 비쌌	4.8
		낮은 활용도(가동률)	2.2
		농약 비산(흩어짐)으로 인한 민원 발생	2.0
		소음으로 인한 민원 발생	1.0
	교육 받기 어렵고, 교육비가 비쌌	5.5	
	보험료가 비쌌	6.0	
	드론 사용 시 문제 해결방법	-	
	드론 보급 확대 위한 개선방안	-	

드론 활용의 만족도에 대한 질문에 대해서는 전반적인 만족도가 매우 높은 것으로 나타났으나 드론의 유용성과 소득 향상에 대한 만족도이며, 기술지원, 지원금 규모, 교육지원 등에 대한 만족도는 아닌 것으로 나타났다. 만족도가 높기 때문에 드론의 지속적인 이용 의향은 매우 높은 것으로 나타났다.

드론 활용의 위험성과 용이성에 대해서는 방제효과, 농산물 생산의 불안정성은 느끼지 않는 것으로 나타났지만 드론의 조종이나 정비에 대해서는 부담을 느끼고 있는 것으로 나타났다. 드론 활용의 가장 큰 어려움은 배터리의 비용과 조종의 어려움, 비싼 교육비와 보험료였다. 반면, A/S문제, 비산문제, 낮은 활용도, 소음으로 인한 민원 발생 등에 대해서는 큰

어려움을 느끼지 않는 것으로 나타났다. 드론 사용 시 문제가 발생하는 경우 대부분 드론을 구입한 업체에서 일괄적으로 해결해주고 있었으며, 드론의 확대를 위해서는 드론 교육과 현장 견학이 가장 큰 도움이 될 것이라고 응답하였다.

4. 결론

본 연구는 농업 노동력 부족을 해결하기 위한 대안으로 각 광 받고 있는 드론의 경제성을 분석하기 위한 목적으로 수행되었다. 분석은 손익분기분석을 활용하였으며, 현장에서 실제로 드론을 활용하고 있는 전라북도의 6농가의 자료를 사용하였다.

분석결과 고압분무기를 통해 방제를 하고 있는 농가의 드론 도입의 손익분기면적은 33.3ha로 도출되었다. 반면 위탁영농을 하고 있는 농가는 드론 도입의 손익분기 면적이 53.8ha로 도출되었다. 손익분기면적은 드론을 도입하기 위한 최소 재배면적으로 만약 손익분기면적에 비해서 재배면적이 낮다면 드론을 도입하는 것이 경제성이 없음을 의미한다. 우리나라 벼 농가 중에서 3ha 이상 농가는 8% 미만이다. 또한, 고령화가 진행되면서 악성 노동에 속하는 농약 방제작업은 위탁을 맡기는 비율이 높아지고 있다. 따라서 드론이 현장에 보급되기 위해서는 드론을 도입한 농가가 자신의 농지뿐만 아니라 인근 농가의 방제작업을 대행해주는 것이 현실적인 대안이다. 1일 방제 가능량과 농약방제시기를 고려할 경우 드론의 최대 방제 가능 면적은 50ha~100 ha 정도이다. 드론의 가격과 배터리 가격의 부담이 있지만 농작업 대행을 통해 1,000만원 수준의 부가수익을 창출할 수 있기 때문에 감가상각비용을 충당할 수 있다. 또한, 드론 방제에 소요되는 노동력이 크게 부담되지 않고, 1년 정도 지나면 운전의 숙련도가 높아져서 충분히 위탁영농을 하는 것이 가능하다. 따라서 재배면적이 큰 농가를 중심으로 드론을 보급하기 보다는 농업분야에서 일할 수 있는 젊은 인력을 육성하는 것이 중요한 과제라고 할 수 있다. 추가적으로 드론이 비료 살포 또는 조사료 파종에도 활용할 수 있기 때문에 손익분기면적은 기술이 발전됨에 따라 점차 낮아질 것으로 기대된다.

한편, 드론의 현장 보급을 확대하기 위해서는 드론 국산화 도모를 통해 기체와 배터리 가격을 대폭 낮추어야 하고, 교육 비지원과 적절한 보험상품의 구성이 필요한 것으로 나타났다. 특히, 드론의 경우 인명사고로 이어질 확률이 낮다는 점과 드론 운영 경력에 따라 사고율이 급감하는 점이 보험상품 구성에 충분히 반영될 필요가 있다.

드론이 농가의 노동력을 획기적으로 감소시켜줄 것으로 기대되고 있지만 드론의 가격은 농가의 경영비 상승에 부담이 될 수밖에 없다. 본 연구는 경제성분석과 인식도 조사를 기초

로 드론이 현장에서 확산될 수 있는지에 대한 가능성을 모색하고, 대안을 마련했다는 데 의의가 있다. 본 연구가 농가의 드론 도입여부 의사결정과 현장 확산을 위한 정책대안을 모색하는데 중요한 기초자료로 활용되기를 기대한다.

참고문헌

- [1] TealGroup, *WorldMilitary& Civil Aircraft Briefing*, 2016.
- [2] 국토교통부, 「드론산업 발전 기본계획」, 2017.
- [3] Marketsandmarkets, *Agriculture Drones Market*, 2019
- [4] 강영호·최창학·이덕렬·조대호·권석주, “벼 재배의 농업용 드론 적용 가능성 평가”, 한국작물학회 학술발표대회 논문집, pp. 83, 4월, 2019년.
- [5] 김성근·류재웅·장종민·정성용, “농업용 드론 분사 노즐 위치의 최적화”, 대한기계학회 춘추학술대회, pp. 1107-1115, 12월, 2018년.
- [6] 문중운·김성근·강석구·정성용, “농업용 드론의 분사성을 높이기 위한 새로운 노즐개발”, 대한기계학회 춘추학술대회, pp. 546, 11월, 2019년.
- [7] 정구현·이진홍·전명희·박인태, 「무인항공기, 쌀 농업을 띄운다」, 경기도농업기술원, 2015년.