

농업용 방제 드론의 경제성 및 인식도 분석

유흥규¹, 정우석², 채용우³, 김성섭^{1*}

¹농촌진흥청 농산업경영과, ²한국농촌경제연구원, ³농촌진흥청 연구성과관리과

An Analysis of Economic Feasibility and Perception of Drone for Pesticide Application

Hong-Kyou You¹, U-Seok Jeong², Yong-Woo Chae³, Seongsup Kim^{1*}

¹Farm and Agribusiness Management Division, Rural Development Administration

²Korea Rural Economic Institute

³Research Performance Management Division, Rural Development Administration

요약 본 연구는 농업의 노동력 절감을 위한 드론 활용의 경제성을 분석하였다. 경제성 분석은 드론 도입에 따른 손익분기 면적을 산출하였으며, 드론 활용에 따른 인식도 분석을 병행하였다. 조사는 드론을 실제 활용하고 있는 전북 지역의 농가를 대상으로 실시하였으며, 손익분기 분석은 전북의 6농가를 대상으로 심층 조사하였다. 분석결과 드론 도입의 손익분기 면적은 관행 방제 농가의 경우 33.3ha, 위탁 방제 농가의 경우 53.8ha로 산출되었다. 산출된 손익분기 면적은 드론 도입을 위한 최소 재배면적으로, 손익분기 면적보다 재배면적이 적은 농가는 드론 도입의 경제성이 없음을 의미한다. 드론 도입에 영향을 미치는 조건들에 대한 민감도를 분석한 결과, 드론 도입의 손익분기 면적은 드론의 기체 가격보다 방제횟수와 위탁영농비용의 변화에 민감하게 반응하였다. 드론 활용에 대한 인식도는 리커트 7점 척도로 조사하였으며, 전반적인 만족도는 6.5점, 드론의 지속적 사용 의지는 6.6점으로 높게 나타났다. 특히 농가의 노동력 절감 효과에 대한 만족도는 6.8점으로 매우 높게 나타났다. 반면, 드론 활용의 어려운 점으로는 드론의 배터리 수명이 짧은 점(6.5점)과 높은 기체 가격(5.9점), 비싼 보험료(5.8점) 등으로 응답하였다.

Abstract This study aims to analyze the economic feasibility of drones used to solve the agricultural labor shortage. We performed an economic feasibility analysis by calculating the cultivated area that forms the break-even point following the introduction of drones and conducted a survey on the perception of drone use. The survey was conducted on farms in Jeollabuk-do using drones. The break-even point analysis was conducted using the results of an in-depth survey on six farms in Jeollabuk-do. The results show that the break-even area of drone introduction was calculated to be 33.3 ha for conventional pesticide application farms and 53.8 ha for entrustment pesticide application farms. The calculated break-even area is the minimum cultivation area for introducing drones, and it means that there is no economic feasibility of introducing drones for farms with a smaller cultivated area than the break-even area. From a sensitivity analysis that changed the conditions affecting the introduction of drones, we found that the break-even area of the introduction of drones responds more sensitively to changes in the number of pest control times and consignment farming costs than to the price of drones. Awareness of drone use was surveyed on a 7-point Likert scale. The results showed that the overall satisfaction was 6.5 points, and the intention to continue using drones was found to be high at 6.6 points. In particular, the satisfaction with the labor-saving effect of farms was very high at 6.8 points. On the other hand, short battery life (6.5 points), high drone price (5.9 points), and high insurance premiums (5.8 points) were recognized as major difficulties in employing drones.

Keywords : Drone, Break-even Point Analysis, Economic Analysis, Economic Feasibility, Farmer's Perception

본 성과물은 농촌진흥청 연구사업(PJ01506502)의 지원에 의해 이루어진 것임

*Corresponding Author : Seongsup Kim(Rural Development Administration)

email: kss2486@korea.kr

Received October 26, 2021

Revised December 1, 2021

Accepted December 6, 2021

Published December 31, 2021

1. 서론

글로벌 드론 시장은 군수용 시장을 중심으로 성장해왔으나 최근 농업, 에너지, 물류, 방송, 에너지 등 다양한 산업과 융합되면서 상업용 드론 시장이 급속하게 확장되고 있다. 미국 Teal Group은 전 세계 드론 생산규모를 '16년 55.7억\$에서 '26년 221.2억\$로 전망하며 성장 잠재력이 큰 것으로 평가하였다[1].

우리나라 역시 드론의 시장성장성에 주목하며 민간 중심의 4차 산업혁명 선도를 위한 신성장동력 창출 및 산업기반 조성을 위해 드론산업육성계획을 수립하였다. 구체적인 목표는 '17년 기준 704억 시장규모를 '26년까지 4조 4,000억 원으로 확대하고, 상업용 드론 5.3만대를 상용화하는 것이다[2]. 또한, 드론 관련 기본법의 지위를 가지는 「드론 활용의 촉진 및 기반조성에 관한 법률」을 제정하여 드론산업의 육성 추진체계를 정비하고, 드론산업의 육성 및 지원의 근거를 마련하였다.

현재, 전 세계적으로 살펴보면 농업 분야는 드론 시장 규모가 가장 크고, 당분간 이러한 상황이 지속될 것으로 전망되고 있다[1]. 시장조사 전문가 Marketsandmarkets에 따르면 글로벌 농업용 드론 시장은 '19년 12억\$에서 '24년 48억\$ 규모로 성장할 것으로 전망하였다[3].

우리나라에서도 최근 식량분야의 병충해 방제를 중심으로 농업용 드론이 확산되고 있다. 드론 기술의 발전과 더불어 소형화와 저비용화의 진전으로, 향후 농업분야 드론시장의 규모는 지속적 성장이 기대된다. 또한, 드론은 「농업기계화촉진법」에서 농업기계에 포함되어 드론 구입 및 전문 자격증 취득까지 지원하고 있기 때문에, 드론의 현장 확산이 가속화 될 것으로 전망된다.

다만, 농업용 드론이 현장에 확산되기 위해서는 관련 제도가 정비되어야 하고, 드론을 활용한 재배기술이 확립되어야 한다. 따라서 현재 국내의 농업용 드론 관련 연구는 제도관련 연구와 재배기술의 확립에 초점을 맞추어서 수행되었다. 제도관련 연구는 드론의 관리를 위한 관련 법제를 분석하여 시사점을 도출한 연구[4]와 드론 사고로 인한 법적 책임에 관한 보험제도를 검토한 연구[5] 등이 있다. 재배기술의 확립과 관련된 연구는 벼 재배의 농업용 드론의 파종 및 방제 적용 가능성을 평가한 연구[6]와 농업용 드론의 분사 노즐 위치의 최적화에 관한 연구, 분사성능 개선을 위한 노즐 개발에 관한 연구[7, 8] 등이 있다. 일부 농업용 드론의 현장 이용실태를 분석한 연구[9, 10]도 수행되었으며 상기 연구들은 드론이 농업에 적절하게 활용되기 위한 기초연구로 큰 의미가 있다. 다만, 벼

농업에서는 방제드론에 대해 어느 정도 재배기술이 확립 되었음에도 불구하고, 드론의 경제성과 관련된 연구는 제한적으로 수행되었다. 정구현 외[11]는 드론의 한 종류인 농약 방제용 무인헬기에 대한 손익분기분석을 실시하였으나, 무인헬기는 농가단위에서 사용하기보다는 주로 공동 및 산림 방제목적으로 활용되고 있다. 본 연구는 농가단위에서 사용 가능한 방제용 드론의 경제성을 분석한 것으로 선행연구와 차이가 있다.

드론은 농가의 노동력을 획기적으로 감소시켜줄 것으로 기대되고 있지만, 여전히 고가의 장비로 농가의 경영비 상승에 부담이 존재한다. 본 연구는 드론의 경제성을 분석하기 위한 목적으로 수행되었다. 또한, 경제성 분석 결과를 기초로 드론의 현장 확대방안을 마련하기 위하여 드론의 사용 만족도와 애로사항에 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. 자료 및 분석방법

2.1 드론 도입실태

정부의 지원을 통해 보급된 드론의 지역별 이용 현황은 전남 40.9%, 전북 23.4%, 충남 12.2% 등으로 전남과 전북을 중심으로 보급되었다[9]. 본 연구는 드론의 도입 실태를 파악하기 위해 전북지역의 드론 이용 농가 42호를 대상으로 2020년 9월부터 11월까지 조사를 실시하였다. 조사지역을 전북으로 한정된 이유는 전남과 전북의 논농사 여건이 비슷한 점과 전라북도농업기술원의 드론 보급현황 전수 자료를 활용할 수 있었기 때문이다[10].

드론 도입실태는 조사 농가의 드론 종류 및 제원, 활용 형태 등을 조사하였다. Table 1은 조사농가 개황이다. 조사 농가의 평균연령은 47.9세로 표준편차도 8.7로 높지 않았다. 영농경력도 평균 19.6년이었으며, 표준편차는 11.6년으로 농가 간 차이가 있었다. 영농 참여 가구원은 평균 2.2명이었으며, 표준편차도 0.9로 낮았다. 드론 자격증은 73.8%의 농업인이 보유하고 있으며, 현장조사에서 드론구입 뿐만 아니라 자격증 취득 과정도 보조금이 지급되어 보유 비중이 높은 것으로 확인되었다. 조사 농가의 학력은 무응답 1농가를 제외한 고졸이상 농가가

90% 이상을 차지하고 있으며, 대졸 이상의 학력자도 63.4%에 해당한다.

Table 1. Status of farm households using drone

Category	Mean	Std.dev
Age	47.9	8.7
Career of farm	19.6	11.6
Participating household members	2.2	0.9

Category	Respondents (Percentage)	
Drone operation license	Haved	31 (73.8)
	Not haved	11 (26.2)
Academic background	Middle school	4 (9.8)
	High school	11 (26.8)
	College	26 (63.4)

2.2 경제성분석

농업기술에 대한 경제성분석은 주로 예산법과 손익분기분석법(Break-even point analysis)을 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 산출한다. 손익분기 분석을 위해서는 총비용을 고정비와 변동비로 구분한다. 고정비는 면적에 관계없이 고정적으로 발생하는 감가상각비 등이며 수리비와 자본이자가 포함된다. 변동비는 생산량에 따라 일정한 비율로 변동하는 인건비, 연료비 등으로 구성된다. 고정비와 변동비가 결정되면 Eq. (1)을 통해 손익분기 규모를 도출할 수 있다. 농가의 신규 도입기술은 일반적으로 기계나 시설 등이며, 이는 초기 고정비 투입이 많지만 운용하는 과정에서 변동비를 절감할 수 있다. 따라서 신규 도입기술과 관행기술의 고정비 차이를 변동비 차이로 나누면, 신규 도입기술을 도입할 수 있는 최소 손익분기 규모를 도출할 수 있다.

$$BEP = \frac{F.COST_{INTRO} - F.COST_{CONV}}{V.COST_{CONV} - V.COST_{INTRO}} \quad (1)$$

where, BEP denotes break-even point, F denotes fixed cost, V denotes variable cost, INTRO

denotes introduction technology, CONV denotes conventional technology

본 연구의 분석대상은 현장에서 가장 폭넓게 활용되고 있는 농업용 방제드론으로 한정하였다. Table 2는 손익분기 분석을 위해 사용한 고정비용 자료이다. 자료는 전라북도에서 드론을 활용하고 있는 6농가의 정보를 심층 조사하여 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. 최근 드론의 가격이 저렴해지고 있는 추세를 반영하여, 본 분석에서는 기체가격을 20,000천원으로 적용하였다. 드론의 내용연수는 방제가능시기 동안 최대 사용을 가정하여, 보수적으로 5년을 적용하였다. 배터리는 조사결과를 바탕으로 단가 1,000천원, 내용연수 3년, 사용량은 5개로 가정하였다. 드론 구입은 대부분 세트 이루어지나, 배터리 및 기타 소모품은 개별 농가의 사용량에 따라 내용연수의 차이가 있어 개별 구매하고 있다. 충전기와 발전기는 각 1대씩 단가 1,000천원과 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 필요하지만 드론의 작업량은 고압분무기 보다 2배 많기 때문에, 고압분무기의 차량 가동률이 15% 더 소요됨을 가정하였다. 수리비 계수는 3%, 자본이자율은 4.5%를 드론과 관행방제 고정비용에 동일하게 적용하였다.

Table 3은 손익분기 분석을 위해 사용한 변동비용 자료이다. 농약방제 시 발생하는 변동비를 산출하기 위해 방제횟수, 방제인력, 유류 사용량, 1일 가능 방제량 등이 필요하다. 벼 재배의 농약 방제는 초기제초제 포함여부, 기상여건에 따라 다르지만 평균방제횟수인 1년 3회를 적용하였다. 드론 방제 시 필요한 방제 인력은 2인/1일, 유류사용량은 차량운행에 필요한 경우 30l/1회, 1일 가능 방제량은 10ha를 적용하였다. 고압분무기의 경우 방제 인력은 3인/1일, 유류사용량은 이동 및 고압분무기 사용을 위해 50l/회, 1일 가능 방제량은 5ha를 적용하였다. 위탁영농의 경우 업체의 면담을 통해 확보한 75,000원/ha를 적용하였다.

Table 2. Fixed cost of drone and conventional farm
(Unit : thousand won, year)

Category		Survey		Application	
		Price	Service life	Price	Service life
Dro- ne	Fuselage	11,000~28,000	5-7	20,000	5
	Battery(one)	700~1,500	2-5	1,000	3
	Charger	800~1,500	5-10	1,000	10
	Generator	500	10	500	10
Con- ven- tional	Sprayer	350	7	350	7
	Rewinder	1,500	15	1,500	15
	Hose	300	10	300	10
	etc.	200	15	200	15
Vehicle**		17,000	10	17,000	10
Repair cost rate		3%			
Capital interest rate		4.5%			

* Battery usage is assumed to be five

** Rate of vehicle utilization is assumed to be 15%

Table 3. Variable cost of pesticide application
(Unit : thousand won, year)

Category		Survey	Application
Number of control		2~4times/year	3times/year
Drone	Labor force	1~2person/1day	2person/1day
	Oil Usage*	20~40l/1day	30l/1day
	Control Area(1day)	8~13ha	10ha
Con- ven- tional	Labor force	3person/1day	3person/1day
	Oil Usage	50l/1day	50l/1day
	Control Area(1day)	5ha	5ha
Labor cost		140,000won/person	
Disel		1,100won/l	
Cost of trusted farming		75,000won/ha	

* Drones use electricity when charging and gasoline when using generators. However exclude due to small amount

2.3 인식도

드론활용에 대한 인식도 조사항목은 선행연구[12, 13]를 기초로 구조화하였으며, 리커트 7점 척도를 기반으로 조사하였다. 주요 조사 항목은 농가의 성향(혁신성, 영농교육 참여 정도, 자금현황), 도입요인, 유용성 및 만족도, 활용의 애로사항 등이며, 분석의 편의를 위해 7점 척도를 활용하여 각 질문을 정량화하였다. 특히, 애로사항은 조사농가 수를 고려하여 비모수검정방법인 윌콕슨검정(Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test)을 실시하여 순위차이를 검정하였다[14].

3. 분석결과

3.1 드론 도입실태

Table 4는 드론 구입년도 및 제원이다. 드론 도입실태는 조사된 42농가 중 41농가의 자료를 사용하였으며, 조사된 드론 41대 중 5대(12.2%)는 국산 드론이었다. 농가의 드론 도입은 2014년부터 최근 2020년까지 꾸준히 이루어지고 있으며, 2017년부터 농업현장에 본격적으로 확산되고 있다. 농가에서 사용하는 드론의 용량은 대부분 10l(82.9%)였다.

Table 4. Purchase year and specification of drone
(Unit : person, %)

Purchase year	Respondents	Capacity	Respondents
2014	1 (2.4)	5l	1 (2.4)
2015	4 (9.8)	10l	34 (82.9)
2016	4 (9.8)	16l	2 (4.9)
2017	8 (19.5)	18l	2 (4.9)
2018	19 (46.3)	20l	2 (4.9)
2020	5 (12.2)		

기체의 가격은 국산이 높은 반면 배터리의 경우 수입산이 높은 것으로 나타났다(Table 5). 평균 기체 구입가격은 22,595천원이었으며, 표준편차가 7,108천원으로 제품별 가격 편차가 큰 것으로 나타났다. 보조금 비율은 평균 36.3%, 표준편차 35%로 편차가 큰 편이었다. 평균 배터리 보유 개수는 9.6개이며, 평균 단가는 729천원 수준이었다. 배터리는 일반적으로 드론 구입 시 추가로 구입하며, 수명이 짧아 재구매 빈도가 높은 편이었다.

Table 5. Price of drone and batteries
(Unit : thousand won, %, number)

	price of drone	Subsidy ratio	Number of battery	Unit price of battery*
Mean	22,595	36.3	9.6	729
Std.dev	7,108	35.0	6.0	255

* Average price(thousand won): domestic products = 462, Imported products = 766

사용자는 대부분 본인(90.2%)이 활용하고 있으며, 일부는 가족(9.8%)이 활용하고 있는 것으로 나타났다(Table 6). 드론을 사용하는 작물은 1개 작물 34.1%, 2

개 작물 41.5%, 3개 이상 24.4%로 대부분 2개 이상의 작물에 활용하고 있는 것으로 나타났다.

작물별 드론 활용 형태를 살펴본 결과(Table 7), 벼는 평균 183천 m^2 의 면적에 활용하고 있었으며, 농약 방제는 3.4회, 비료를 살포하는 경우 1.8회 사용하는 것으로 나타났다. 콩은 평균 111천 m^2 의 면적에 활용하고 있었으며, 농약 방제는 4.8회, 비료를 살포하는 경우 1.3회 사용하는 것으로 나타났다. 콩은 벼에 비해 상대적으로 농약 방제 횟수가 많고, 비료 살포 횟수는 적은 것으로 나타났다. 이모작은 평균 100천 m^2 의 면적에 활용하고 있었으며, 농약 방제는 2.1회, 비료를 살포하는 경우 2.0회 사용하며, 파종에 사용하는 경우 1회 사용하는 것으로 나타났다. 참고로 이모작 중 조사료의 경우 파종 시에만 활용하며, 보리의 경우 방제 시 일부 활용하는 것으로 나타났다.

Table 6. Actual user of drone and number of crops using drone

(Unit : people, %)

Actual User	Respondents	number of crops	Respondents
In person	37 (90.2)	1	14 (34.1)
		2	17 (41.5)
Family	4 (9.8)	3 or more	10 (24.4)

Table 7. Utilization of drones by crop

(Unit : 1,000 m^2 , time)

Crop	Utilized area	Number of times			
		Pesticide	Fertilizer	Sowing	
Rice	Mean	183	3.4	1.8	-
	Std.dev	175	1.3	1.0	-
Soybean	Mean	111	4.8	1.3	-
	Std.dev	71	2.0	0.5	-
Second crop	Mean	100	2.1	2.0	1.0
	Std.dev	49	0.9	1.0	-

Table 8. Status of trusted farming using drone

Farm households (People)	Replacing the pesticide application			
	Revenue (thousand won)		Unit price (won/3,3 m^2)	
	Mean	Std.dev	Mean	Std.dev
18 (42.9%)	6,458*	4,362	22.2	5.7

* Calculated only for farms that are replacing the pesticide application work of nearby farms

드론을 활용하여 인근 농가에 방제작업을 대행하는 농가는 약 42.9%였다. 평균적으로 6,458천원의 부가수익을 창출하고 있으며, 평균단가는 3.3 m^2 기준 22.2원으로 나타났다(Table 8).

3.2 경제성분석

Table 9는 드론 도입의 손익분기면적을 도출하기 위한 항목과 산출 식을 나타내고 있다. 고정비는 내용연수와 가동률을 기초로 도출하였으며, 수리비와 자본이자를 함께 고려하였다. 변동비는 ha당으로 환산하였으며 자본이자를 함께 고려하였다. Table 10은 Table 9를 기초로 도출한 드론 도입의 손익분기면적이다. 이때, 고정비의 차이를 변동비의 차이로만 나눌 경우 1회 방제에 해당하는 면적이 산출되기 때문에 방제횟수를 고려하여 최소재배면적을 산출하였다. 관행방제 농가의 경우 드론 도입의 손익분기면적은 33.3ha로 도출되었다. 반면, 위탁영농을 받고 있는 농가의 경우 드론 도입의 손익분기 면적은 53.8ha로 도출되었다. 손익분기면적은 드론을 도입하기 위한 최소재배면적을 의미한다. 만약 농가의 재배면적이 손익분기점을 넘지 않는다면 드론을 도입하는 것이 경제성이 없음을 의미한다. 다만 결과 해석 시 기준에 위탁영농을 받고 있는 농가의 손익분기면적이 관행방제 농가에 비해 규모가 큰 것에 유의할 필요가 있다. 즉, 관행방제 농가가 이미 위탁영농을 받고 있는 농가보다 드론을 도입할 가능성이 높다.

관행방제 농가와 위탁영농 농가의 손익분기면적의 차이가 발생하는 것은 자가 노동 때문이다. 위탁 영농을 받고 있는 농가의 변동비가 관행방제의 변동비보다 낮다면 농가에서는 관행방제를 해야 할 유인이 존재하지 않는다. 그럼에도 불구하고 현장에서 관행방제가 이루어지고 있는 것은 자가 노동을 활용하기 때문이다. 특히, 관행방제의 경우 가족노동을 활용하기 때문에 회계적비용으로 인식되지 않아 현장에서는 지속적으로 관행방제가 이루어지고 있다. 또한, 위탁영농의 경우 원하는 시기에 방제를 받지 못할 가능성이 높으며, 약제에 대한 효능을 신뢰하지 않을 경우에도 관행방제를 지속하는 것으로 응답되었다. 한편, 기존에 위탁 영농을 받고 있는 농가는 고령농이거나 자가 노동을 활용하기 어려운 농가이기 때문에 면적이 넓어진다고 하여도 실제로 드론을 도입할 유인은 적은 상황임을 유의해서 해석해야한다.

Table 11-13은 방제횟수, 드론 가격, 위탁영농비 변화에 따라 예상되는 손익분기점의 민감도 분석 결과이다.

먼저, 방제횟수 차이에 따른 민감도 분석은 기존 3회에서 6회까지 증가하는 상황을 가정하였다(Table 11). 드론은 돌발 병해충의 발생이나 이기작 재배, 인근 농가 방제 작업대행 등에 따라서 방제횟수가 급격하게 증가할 수 있기 때문이다. 관행방제를 하고 있는 농가의 드론 도입의 손익분기면적은 기존 3회일 때 33.3ha에서 6회 16.6ha 까지 빠르게 감소하는 것으로 나타났다. 반면 위탁영농을 받고 있는 농가는 드론 도입의 손익분기 면적이 기존 3회일 때 53.8ha에서 6회 26.9ha까지 감소하는 것으로 나타났다.

두 번째, 드론 가격변화에 따른 민감도 분석은 기체와 배터리 가격이 20% 감소하는 상황에서 10% 증가하는 상황을 가정하였다(Table 12). 드론의 발전으로 기체와 배터리 가격이 하락하고 있는 상황이지만 원자재 수급 등에 의해 드론 가격이 상승할 수 있기 때문이다. 관행방제를 하고 있는 농가의 드론 도입의 손익분기면적은 드론의 가격이 20% 감소 될 때 26.1ha에서 가격이 10% 증가 될 때 36.9ha까지 증가하는 것으로 나타났다. 반면 위탁영농을 받고 있는 농가는 드론 도입의 손익분기 면적이 드론의 가격이 20% 감소 될 때 43.4ha에서 가격이 10% 증가 될 때 59.0ha까지 증가하는 것으로 나타났다.

Table 9. Break-even analysis of drone

(Unit : thousand won)

Category of cost		Value	Calculation formula	
Drone	Fixed cost	Fuselage	4,000	
		Depreciation cost	Battery	1,667
			Charger	100
			Generator	50
			Repair cost	795
	Capital interest	596		
	Total	7,208		
	Variable cost	Labor cost	28	
		Oil cost	3	
		Capital interest	1	
Total		32		
Conventional	Fixed cost	Depreciation cost	High-pressure sprayer	50
			Rewinder	100
			Hose	30
			etc.	13
		Vehicle	255	
	Repair cost	147		
	Capital interest	110		
	Total	706		
	Variable cost	Labor cost	84	
		Oil cost	11	
Capital interest		2		
Total		97		
Cost of trusted farming(with capital interest)		77		

Table 10. Break-even area of introduction drones

(Unit : Thousand won, ha)

Category		Value	Calculation formula
Conventional → Drone	Additional cost(A)	6,502	Fixed cost(drone)-Fixed cost(conventional)
	Reduce cost(B)	65	Variable cost(conventional)-Variable cost(drone)
	Break-even area	33.3	(A) ÷ (B) ÷ Number of control
Trusted Farming → Drone	Additional cost(C)	7,208	Fixed cost(drone)
	Reduce cost(D)	45	Variable cost(trusted farming)-Variable cost(drone)
	Break-even area	53.8	(C) ÷ (D) ÷ Number of control

Table 11. Break-even area according to change in pesticide application frequency (Unit : ha)

	Pesticide application frequency			
	3time	4time	5time	6time
Conventional → Drone	33.3	25.0	20.0	16.6
Trusted Farming → Drone	53.8	40.3	32.3	26.9

Table 12. Break-even area according to price changes of drone and battery (Unit : ha)

	Price changes of drone and battery			
	-20%	-10%	-	+10%
Conventional → Drone	26.1	29.7	33.3	36.9
Trusted Farming → Drone	43.4	48.6	53.8	59.0

Table 13. Break-even area according to change of trusted farming cost (Unit : thousand won/1ha, ha)

	Trusted farming cost for pesticide application			
	61	77	92	107
Trusted Farming → Drone	81.9	53.8	40.0	31.9

세 번째, 위탁영농비 따른 민감도 분석은 위탁영농의 단가가 1ha당 61천원으로 감소하는 상황에서 107천원으로 증가하는 상황까지 가정하였다(Table 13). 드론의 현장 확산에 따른 위탁영농비는 감소할 수 있는 반면, 인건비 상승으로 인해 위탁영농비가 증가할 수 있기 때문

이다. 위탁영농을 받고 있는 농가의 경우 드론 도입의 손익분기 면적은 위탁영농비가 1ha당 61천원일 때 81.9ha에서 107천원으로 증가 될 때 31.9ha까지 감소하는 것으로 나타났다.

민감도 분석결과를 종합적으로 살펴보면 드론의 도입 여부는 드론자체의 가격보다는 방제횟수와 위탁영농비용의 변화에 민감하게 반응하는 것으로 나타났다.

3.3 인식도

Table 14는 조사된 드론 도입 농가의 성향이다. 먼저, 기술도입성향을 살펴보면 농가는 신기술·신품종에 대한 관심이 높아 상대적으로 영농에 빠르게 도입하고 있는 것으로 나타났다. 둘째, 영농교육 참여 성향을 살펴보면 영농교육 참여에 대한 인식은 긍정적으로 나타났다. 영농교육을 통해서 소득이 증대되는 질문에 긍정으로 응답하였으나, 소득증대 목적 이외에 새로운 기술의 경험, 인적 네트워크 형성 등의 목적이 더 크다고 응답하였다. 셋째, 자금현황을 살펴보면 상대적으로 예비자금을 확보하고 있지 않은 반면, 자금소요는 많고 영농에 투자하는 것이 부담된다고 응답하였다.

현장의 조사 내용을 참고하면, 젊은 연령층의 농업인들은 드론이 다른 농기계에 비해 상대적으로 낮은 가격이지만 도입의 부담을 느끼고 있다. 특히, 주기적으로 교체가 필요한 고가의 배터리에 대한 부담이 큰 것으로 응답하였다. 감가상각비의 회수를 위해 인근농가의 작업을 대행하는 것에 대한 의사가 높은 것으로 나타났으며, 위탁수수료를 통해 감가상각비의 일정부분을 회수할 수 있다고 응답하였다. 다만, 최근 드론의 보급이 활성화 되는 과정에서 인근 농가 작업대행이 점차 줄어들 수 있다는 점을 언급한 농업인도 있었다.

Table 14. The propensity of farmers to using drone (7-point scale)

Category	Content	mean	Std.dev
Technology introduction	I am interested in new technologies and varieties	6.0	1.3
	I try to experience new technologies and varieties before others	6.0	1.3
	I've been quickly introducing new technologies and varieties into farming	5.9	1.2
Participation in farming education	I frequently participated in farming education of rural development institutions	5.8	1.5
	Participation in farming education helps to increase agricultural income	5.2	1.6
	I will continue to participate in farming education.	6.0	1.2
Status of funds	I have a reserve funds(for repair of facilities, new investment, etc.)	4.0	1.7
	Currently, I have a lot of money required(on raising children, investing in facilities, etc).	5.3	1.6
	I am burdened with investing in farming(facility investment, technology introduction, etc.).	6.0	1.1

Table 15. Motivation and reason for drone introduction

(Unit : person, %)

Motivation for introduction	Respondents	Reason for introduction	Response	
			1st priority	2nd priority
Spontaneously	29 (69.1)	Reduction of labor and working hours	38 (90.5)	4 (9.5)
		The size of the subsidy when purchasing a drone is large	2 (4.8)	11 (26.2)
By viewing nearby farms	9 (21.4)	Reduce pesticide exposure and heat damage	2 (4.8)	8 (19.1)
		Higher application effect than conventional methods	-	9 (21.4)
Recommendation by the Agricultural Technology Center	4 (9.5)	A variety of agricultural work(seeding, application) is possible.	-	6 (14.3)
		Additional income can be obtained by working for nearby farms.	-	4 (9.5)
Total	42 (100.0)	Total	42 (100.0)	42 (100.0)

Table 16. Satisfactions of using drone(7-point scale)

Category	Content	mean	Std.dev
Interest before introduction	I was Interested in drones even before introduction	5.6	1.9
Usefulness	Drone is effective in reducing labour and working hours	6.8	0.4
	Drone is effective in reducing pesticide exposure and heat damage	5.3	1.8
	Drone is capable of various agricultural operations(seeding, pesticides, etc.)	5.3	1.5
Satisfaction	I am overall satisfied with the introduction of drone	6.5	0.9
	I am satisfied with the technical support for using drone	3.1	1.7
	I am satisfied with the size of the subsidy for the purchase of drone	4.1	1.8
	I am satisfied with the educational support for drone	3.7	1.9
	I am satisfied with the measures taken by rural development institutions in response to difficulties	2.8	1.7
Effect of Income	I have reduced operating costs through the introduction of drone	5.4	1.5
	I have obtained additional income through working for nearby farms	4.0	2.2
	I am satisfied with the increase in income through using drone	5.4	1.2
Introduction of technology	I will continue to using drone	6.6	0.9
	I plan to purchase additional drones	5.6	1.7
	I am willing to recommend drones to nearby farms	5.9	1.3

Table 17. Difficulties in using drones(7-point scale)

Content	Mean	Std.dev	Content	Mean	Std.dev
1. Purchase cost of battery is expensive	6.5a	0.9	7. Repair cost is high	4.6cd	1.6
2. Purchase cost of drone is expensive	5.9b	1.4	8. Frequent breakdown	3.7e	1.7
3. Insurance cost is high	5.8b	1.6	9. Difficult to get a/s	3.7e	2.0
4. Low battery life	5.7bc	1.3	10 .Low utilization (rate of operation)	2.4f	1.6
5. Getting and education is difficult and expensive	4.9c	1.9	11 .Complaints caused by the scattering of pesticides	1.9g	1.7
6. Using drone is difficult due to obstacles	5.0cd	1.8	12. Complaints caused by noise	1.1h	0.3

Note: a~h show the Wilcoxon test results(10% significance level). For example, 4.(b) vs. 4.(bc) and, 4.(bc) vs. 5.(c) have no significant difference in mean. However, there is a significant difference between 3.(b) vs. 5.(c).

Table 18. Solutions paths for problems and expansion of drone dissemination

(Unit : person, %).

Solution way	Respondents	Measures for spreading drones	Response	
			1st priority	2nd priority
Agency	33 (78.6)	Expansion of the size of subsidy per farmhouse	29 (69.1)	7 (16.7)
		Expansion of education for using drone	7 (16.7)	21 (50.0)
		Strengthening publicity for drone technology	3 (7.1)	5 (11.9)
On my own	9 (21.4)	Improving the expertise of the person in charge of spreading technology	1 (2.4)	1 (2.4)
		Visit research institutes or farms that have applied new technologies	-	4 (9.5)
		Complementing drone technology	-	2 (4.7)
		Etc.	2 (4.7)	2 (4.7)

Table 15는 드론 도입 동기 및 이유이다. 도입동기는 자발적 도입(69.1%) > 인근 농가를 보고(21.4%) > 농업 기술센터 권유(9.5%) 순이었다. 드론 도입의 이유는 노동력 및 작업시간 절감 기대가 주요한 이유로 나타났다. 또한 드론이 관행보다 방제효과가 우수하다는 응답이 많았으며, 방제효과는 사용하는 약제의 차이보다 방제가 필요한 시기에 즉각적으로 대응하는 것이 가능하기 때문이라고 추가적으로 응답하였다.

Table 16은 드론 사용의 만족도에 대한 응답이다. 드론 도입의 사전 관심도는 평균 5.6점으로, 농업현장에서 드론에 대한 관심도가 높은 것으로 나타났다. 드론의 유용성으로는 노동력 및 작업시간 절감에 대한 만족도가 6.8점으로 가장 높았다. 반면, 농약 노출 및 무더위피해의 경감, 다양한 농작업의 가능성에 대한 만족도는 각 5.3점으로 상대적으로 낮았다. 드론은 다양한 작물 및 작업에 활용이 가능하지만, 아직까지는 벼와 농약방제를 중심으로 활용되고 있어 다양한 작업에 대한 유용성은 낮은 것으로 판단된다. 드론 활용의 전반적 만족도는 6.5점으로 매우 높으며 표준편차도 0.9점으로 안정적이었다. 다만, 보조금 규모에 대한 만족도는 보통 수준이며, 문제 발생 시 농촌진흥기관의 대응에 대한 만족도는 매우 낮았다. 교육·기술 지원에 대한 만족도는 낮은 수준으로, 드론 구입 시 대리점에서 일부 조종 및 정비에 대한 일회성 교육과 자격증 취득 과정에서 교육비 보조에 그치고 있다. 소득효과에 대한 인식을 살펴보면, 경영비 절감효과와 소득 증대 효과에 대한 응답은 5.4점으로, 드론 및 배터리의 구입비용과 방제횟수의 증가는 경영비의 부담을 가중하는 요인으로 판단된다. 지속의향 측면에서는 몇몇 단점을 감안하더라도 노동력 절감효과로 인해 지속의향이 매우 높은 것으로 나타났다(6.6점). 또한, 향후 높은 용량(20l 이상)에 대한 기대감과 드론 단가의 하락으로 추가 구입계획 있다고 응답하였다.

Table 17은 드론 사용의 어려운 점에 대한 응답이다.

월복순검정 결과 배터리 비용에 대한 부담(6.5)이 가장 큰 어려움으로 나타났으며, 드론 가격(5.9) 및 보험료(5.8)에 대한 부담과 짧은 배터리 수명(5.7)이 차 순위로 나타났다. 다음으로는 낮은 교육 기회와 비싼 교육비(4.9), 장애물로 인한 조종의 어려움(5.0), 비싼 수리비(4.6)로 나타났으며, 잦은 고장(3.7)과 A/S 받기가 어렵다는 것이 그 뒤를 이었다. 다음으로는 낮은 활용도, 농약 비산으로 인한 민원 발생, 소음으로 인한 민원 발생 순이었으나 현장에서 큰 문제로 인식되고 있지 않은 것으로 나타났다. 다만, 인근에서 채소를 재배할 경우 농약 비산으로 인한 민원이 발생한 경우가 일부 있으며, 기본정비 교육에 대한 요청이 있었다.

Table 18은 문제 발생 시 해결방법 및 드론 보급 확대 방안에 대한 응답이다. 드론 사용 시 발생하는 문제는 대부분 대리점(78.6%)을 통해 해결하거나 본인이 해결하고 있었다. 드론의 보급을 확대하기 위해서는 지원금의 규모와 드론 교육의 확대가 필요하다고 응답하였다.

4. 결론

본 연구는 농업 노동력 부족을 해결하기 위한 대안으로 각광 받고 있는 드론의 경제성을 분석하였다. 경제성 분석은 손익분기분석을 활용하였으며, 인식도조사를 병행하였다. 조사 대상은 현장에서 실제로 드론을 활용하고 있는 전라북도의 농가이다.

경제성 분석결과, 드론 도입의 손익분기면적은 고압분무기를 사용하는 관행방제 농가의 경우 33.3ha, 농약 방제를 위탁하고 있는 농가의 경우 53.8ha로 도출되었다. 손익분기면적은 드론을 도입하기 위한 최소재배면적으로, 만약 손익분기면적에 비해서 재배면적이 낮다면 드론을 도입하는 것이 경제성이 없음을 의미한다. 드론 도입에 영향을 미치는 조건들에 대한 민감도를 분석한 결과,

드론의 도입 여부는 드론자체의 가격보다 방제횟수와 위탁영농비용의 변화에 민감하게 반응하는 것으로 나타났다. 농가마다 방제환경이 다르기 때문에 합리적인 의사결정이 필요하며, 이미 드론을 도입한 농가는 방제횟수를 증가시킬 수 있는 방안을 고민해야한다.

드론이 현장에 보급되기 위해서는 드론을 도입한 농가가 자신의 농지뿐만 아니라 인근 농가의 방제작업을 대행하여 부가수익을 창출하는 것이 필요하다. 드론의 최대 방제 가능 면적은 1일 방제 가능량과 농약방제시기를 고려하면 1년에 50ha~100ha로, 농작업 대행을 통해 1,000만원 수준의 부가수익을 창출할 수 있다. 농작업 대행을 통한 부가수익은 드론의 감가상각비를 충당할 수 있고, 농가의 경영비 부담을 경감할 수 있다. 농작업 대행을 위한 숙련도는 드론을 1년 정도 꾸준히 운용하면 충분히 가능하지만, 습득이 빠른 젊은 인력으로 한정될 가능성이 높다. 따라서 드론 보급확산의 중점 과제는 재배 면적이 큰 농가를 중심이 아닌, 농업분야에서 일할 수 있는 젊은 인력을 육성하는 것이 중요한 과제라고 할 수 있다. 추가로 농약 방제에 머무르고 있는 드론의 활용도를 비료 살포 및 조사료 파종으로 확장할 수 있는 기술이 발전된다면, 드론 도입의 손익분기면적은 점차 낮아질 것으로 기대된다.

한편, 우리나라는 대규모 농가가 적고, 고령화가 진행되면서 악성 노동에 속하는 농약 방제작업은 위탁을 맡기는 비율이 높아지고 있다. 따라서 정부는 청년농업인들이 드론을 활용하여 부가가치를 창출할 수 있는 방안을 마련함과 동시에 공동방제단 확산 등을 통해 고령농의 위탁영농비를 안정화시킬 수 있는 대안을 마련해야 한다.

드론의 현장 보급을 확대하기 위해서는 드론 국산화 도모를 통해 기체와 배터리 가격을 대폭 낮추어야 하고, 교육비지원과 적절한 보험상품의 구성이 필요한 것으로 나타났다. 특히 드론의 가격이 2,000만원일 경우, 국고보조를 포함하더라도 약 200만원 정도의 개인이 부담하는 보험료는 드론 활용의 경제성을 악화시키는 유인이 될 수밖에 없다. 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 가격과 수반되는 비용은 농가의 경영비 상승에 부담이 될 수밖에 없다. 본 연구는 경제성분석과 인식도 조사를 기초로 드론이 현장에서 확산될 수 있는지에 대한 가능성을 모색하고, 대안을 마련했다는데 의의가 있다. 본 연구가 농가의 드론 도입여부

의사결정과 현장 확산을 위한 정책대안을 모색하는데 중요한 기초자료로 활용되기를 기대한다.

References

- [1] TealGroup, World Military&Civil Aircraft Briefing, 2016.
- [2] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Basic Plan for Development of Drone Industry, 2017.
- [3] Marketsandmarkets, Agriculture Drones Market, 2019.
- [4] J. H. So, S. H. Kim, H. B. Jang, J. R. Wi, G. R. Sim, A Study on Legal Amendment for the Management of Unmanned Aerial Vehicles (Drones), *Policy Research Reports*, Korea transport institute, 2017, pp.1-119.
- [5] J. P. Kim, "Legal Liability and Insurance System for Unmanned Aerial Vehicle", *Business law review*, Vol.32, No.4, pp.169-201, 2018.
DOI : <https://doi.org/10.24886/BLR.2018.12.32.4.169>
- [6] Y. H. Kang, C. H. Cho, D. R. Lee, D. H. Jo, S. J. Kwon, "Evaluation of Applicability of Agricultural Drone for Rice Cultivation", *Proceedings of The Korea Society of Crop Science Spring Conference*, Jinjoo, Korea, pp.83, April 2019.
- [7] S. K. Kim, J. U. Ryu, J. M. Jang, S. Y. Jung, "Optimization of Nozzle Distance of Agricultural Drone", *Proceedings of The Korean Society of Mechanical Engineers Spring/Autumn Conference*, Kangwon, Korea, pp.1107-1115, December 2018.
- [8] J. W. Moon, S. K. Kim, S. G. Kang, S. Y. Jung, "Development of Nozzle for Improving the Spraying Performance of Agricultural Drones", *Proceedings of The Korean Society of Mechanical Engineers Spring/Autumn Conference*, Jeju, Korea, pp.546, 2019.
- [9] S. H. Yu, Y. K. Kim, I. S. Choi, J. K. Woo, C. S. Hyun, T. G. Kang, H. J. Jun, S. H. Lee, J. G. Kim, Y. Choi, "Analysis of Utilization Status and Spray Nozzle Characteristics and of Agricultural Drones", *Proceedings of The Korean Society for Agricultural Machinery Autumn Conference*, Chuncheon, Korea, pp.96, 2019.
- [10] Y. H. Kang, C. H. Kang, D. R. Lee, D. H. Jo, S. J. Kwon, "Status and Utilization of Agricultural Drone", *Proceedings of The Korean Society for Agricultural Machinery Spring Conference*, Korea, pp.8, 2020.
- [11] G. H. Jeong, J. H. Lee, M. H. Jeon, I. T. Park, Drones Floats Rice Farming, pp.12, Gyeonggi-do Agricultural Research & Extension Services, 2015.
- [12] H. H. Choi, J. W. Yun, Y. W. Chae, J. H. Park, "Analysis of Economic and Introduction Factors of Cropping after Rice Harvest with the Cultivation of Italian Ryegrass", *Korea Journal of Agricultural*

Management and Policy, Vol.45, No.4, pp.776-793, 2018.

DOI : <https://doi.org/10.30805/KJAMP.2018.45.4.776>

- [13] S. S. Kim, H. K. You, J. W. Yun, Y. H. Kim, "Business performance of seed-potatoes cultivation", *Korean journal of Agricultural and Technology Management*, Vol.1, No.1, pp.29-48, 2020.
- [14] Y. J. Bang, S. Y. Yang, J. S. Lee, S. T. Seo, "Diagnosis of Farm Management and Extraction of Strategic Subjects for Masstige of Jincheon Watermelon Focusing on Jincheon Watermelon Industry-Academic-Research Cooperation Foundation", *Korean journal of Agricultural Management and Policy*, Vol.37, No.1, pp.88-112, 2010.

유 흥 규(Hong-Kyou You)

[정회원]



- 2017년 8월 : 강원대학교 농업자원경제학과 (경제학석사)
- 2018년 2월 ~ 현재 : 농촌진흥청 농산업경영과 전문연구원

<관심분야>

경제성 분석, 경영성과, 파급효과, 농업R&D

정 우 석(U-Seok Jeong)

[준회원]



- 2014년 2월 : 충북대학교 농업경제학과 농업경영전공 (경제학석사)
- 2019년 8월 : 충북대학교 농업경제학과 농업경영전공 (경제학박사)
- 2020년 1월 ~ 2021년 3월 : 농촌진흥청 박사후연구원
- 2021년 3월 ~ 현재 : 한국농촌경제연구원 전문연구원

<관심분야>

농업투자분석, 농업위험관리, 농업R&D, 농업금융

채 용 우(Yong-Woo Chae)

[정회원]



- 2001년 3월 : 일본 오비히로 축산대학 일반대학원 식량자원경제학과(농학석사)
- 2004년 3월 : 일본 이와테대학대학원 연합농학연구과(농학박사)
- 2005년 12월 ~ 2021년 6월 : 농촌진흥청 농업연수사
- 2021년 7월 ~ 현재 : 농촌진흥청 농업연구원

<관심분야>

농업R&D, 경영성과, 비용편익, 기술가치, 파급효과

김 성 섭(Seongsup Kim)

[정회원]



- 2013년 8월 : 충북대학교 농업경제학과 농업경영전공 (경제학석사)
- 2017년 8월 : 충북대학교 농업경제학과 농업경영전공 (경제학박사)
- 2019년 2월 ~ 현재 : 농촌진흥청 농업연수사

<관심분야>

농업위험관리, 농업투자분석, 농업R&D, 농업회계