

농업기상재해 위험 관리를 위한 농장별 조기경보서비스의 비용편익 분석

심교문^{1*} · 정학균² · 임영아² · 신용순³ · 김용석¹ · 최인태¹ · 정명표¹ · 김호정¹
¹국립농업과학원, ²한국농촌경제연구원, ³주에피넷
(2017년 8월 28일 접수; 2017년 9월 8일 수정; 2017년 9월 9일 수락)

Cost-benefit Analysis of a Farmstead-specific Early Warning Service for Agrometeorological Disaster Risk Management

Kyo-Moon Shim^{1*}, Hak-Kyun Jeong², Young-Ah Lim², Yong-Soon Shin³, Yong-Seok Kim¹,
In-tae Choi¹, Myung-Pyo Jung¹ and Hojung Kim¹

¹National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju, Korea

²Korea Rural Economic Institute, Naju, Korea

³R&D Center, EPINET CO., Ltd., Anyang, Korea

(Received August 28, 2017; Revised September 8, 2017; Accepted September 9, 2017)

ABSTRACT

This study aims to suggest the basics for the implementation of the farmstead-specific early warning system (FEWS) for weather risk management nationwide. A survey by questionnaire was conducted to examine farmer's response, and a cost-benefit analysis was made to examine the effect of the FEWS on the economy. The farmers who volunteered to participate in this survey responded that they were generally satisfied with the FEWS, and that they used it well for farming. Willingness to pay (WTP) for the early warning service was estimated to be 8,833 KRW per month by survey respondents. If the early warning service is extended to nationwide and 50% of farmers use it for six months, then the ratio of benefit to cost will be 2.2, indicating that nationwide expansion of the FEWS is very feasible.

Key words: Cost-benefit analysis, Early warning system, Farm, Survey, Weather risk management

I. 서 론

최근 들어 전 세계적으로 빈번히 발생하고 있는 집중호우, 태풍, 가뭄, 폭설, 홍수 등의 이상기후 현상 및 이에 따른 자연재해는 대규모의 인적피해와 경제적 손실을 가져오며, 그 규모와 피해액도 꾸준히 증가하는 추세이다(IPCC, 2011).

IPCC(2011)에서 승인된 “극한현상 및 재해의 위험 관리 특별보고서”에 따르면 21세기 후반에 폭염 증가 가능성은 90%가 넘고, 집중호우 빈도증가 가능성은

66% 이상에 달하며, 20년 발생빈도 폭염은 2~5년으로, 집중호우는 5~15년으로 짧아져 더 자주 나타날 것으로 예상하고 있다. 이러한 극한기후 현상의 증가는 물관리, 식량안보, 보건, 산업 등 다양한 분야에 영향을 주는 요인으로 작용할 것이다.

국제연합(United Nation; UN)에서는 UNISDR (UN International Strategy for Disaster Reduction)를 설립하여 재해경감을 위한 정부 간의 협력을 유도하고 있다. UNISDR(2017)는 1단계로 예방과 준비에 의해서 위험가능성을 포착하고 이를 정량화하는 기술, 즉



* Corresponding Author : Kyo-Moon Shim
(kmschim@korea.kr)

조기경보체계(early warning system) 개발의 필요성을 강조한 Hyogo 실행계획(Hyogo Framework for Action 2005-2015)을 채택하였고, 2단계로 복합위험(Multi-Hazard)에 대한 조기경보체계 개발이 포함된 Sendai 기본계획(Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030)을 채택하여 재해위험 저감을 위한 국제적 공조를 강화하고 있다.

재해발생 여부나 그 규모는 위험기상의 발생확률과 강도뿐 아니라 위험에 노출된 대상(공동체, 식물군락 등)의 취약성에 의해 결정된다(Yun *et al.*, 2015). 조기경보체계는 이 취약성을 보완해주는 강력한 도구이며, 일부 선진국가에서는 도시, 농업, 산림 등 목적에 맞는 조기경보체계를 개발하고 이를 기반으로 한 현업서비스를 제공하고 있다(WMO, 2010).

기상이변 및 농작물 피해가 예견 시, 지금까지는 기상청에서 발표하는 주의보, 경보 등 통상적인 특보를 TV나 인터넷 같은 다중매체를 통해 불특정 다수에게 전파하는 방법 외에 농업부문에 특화된 서비스가 부족하다. 일부 지자체 등에서 위험기상 및 그 파급효과(예, 병해충 발생)에 관한 정보를 생산하기 위한 연구를 진행하였으며, 일부 성과물은 단편적, 비정기적으로 제공되고 있다. 하지만, 정보생산을 위해서는 해당 논, 밭, 과원에 반드시 기상관측장비를 설치해야 하거나 기상관측망의 밀도가 높은 지역에서만 가능한 기존의 기술은 범용성이 낮고 전국적으로 확대가 어려운 것이 현실이다(Yun *et al.*, 2013).

이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로서 ‘농가 맞춤형 기상위험 관리기술’이 제시되어 소규모 집수역(50km²)을 대상으로 실증실험을 마쳤다(Yun *et al.*, 2013). 이 기술의 핵심은 동일 시군구 내 위치와 장소(필지)에 따른 고도, 지형, 지표피복 등 국지공간특성에 맞게 기상청의 각종 정보(기상상황, 동네예보, 중기예보)를 상세화 한 것이다. 나아가 필지별로 재배중인 작물의 속성(작목-품종, 생육단계)을 미리 파악하여, 상세화 된 기상정보에 의해 알려진 위험기상이 실제 재배중인 작물에 어떤 피해를 입힐 것인지 농업기상학적 위험지수로 표현한 것이다. 이들 정보는 등록된 휴대폰과 인터넷을 통해 해당농가에게 전달되는데, 이때 위험회피 및 경감을 위해 해당농가에서 쓸 수 있는 관리대책도 함께 전달된다(Shim *et al.*, 2017).

이와 같은 개별 농가(필지)를 대상으로 하는 기상위험 관리체계를 섬진강 수계의 10개 시·군(약 6,000km²)으로 확대 구축하고 현업서비스를 제공하는

산학연 공동연구(과제명: 기상이변대응 농업기상재해 조기경보시스템 구축)가 농촌진흥청 지원으로 2014년부터 4개년 계획으로 추진되고 있다. 이는 위치기반서비스(Location-Based Service; LBS)의 응용사례 가운데 농업-기상-ICT (Information & Communication Technology) 간 융합기술에 의해 실용화한 첫 사례이며, 최종연도까지는 조기경보서비스의 전국 확대를 위한 시범 사업화 계획 및 표준설계가 수립될 것이다.

따라서 본 연구에서는 농가맞춤형 기상재해 조기경보서비스를 이용한 농업인의 반응과 비용편익 분석에 의한 경제성 평가를 통해 조기경보서비스의 전국 확대를 위한 사업화 추진에 요구되는 기초자료를 제시하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

농업기상재해 조기경보서비스에 대한 농업인의 이해도 증진과 현장 농업인의 의견 청취를 위해서 농업인, 지자체 담당공무원, 농업인 단체 등이 참석한 현장 연시를 2016년 5월 26일에 전남 광양시 다압면사무소에서 개최하였다. 현장 연시에 참여한 농가 중 조기경보서비스를 1년 이상 이용하고 있는 11개 농가를 대상으로 농업기상재해 조기경보서비스의 만족도와 활용도 및 개선점 등에 관한 설문조사를 일대일 면접방식으로 진행하였다.

또한, 농업기상재해 조기경보서비스의 전국 확대에 따른 경제적 효과 분석을 위해서 조기경보서비스의 비용편익 분석(cost-benefit analysis 또는 benefit-cost analysis) 방법을 이용하여 사업추진의 타당성을 평가하였다. 조기경보서비스에 대한 지불의사금액(Willingness to pay; WTP)은 서비스를 활용하고 있는 농가의 설문조사로 파악하였고, 조기경보시스템 설치에 필요한 전산 H/W, 운영 S/W, 설치비용 등은 산학연 공동연구에서 시스템 통합 및 구축 분야에 참여하고 있는 산업체 공동연구자의 자문을 통해서 산정하였다.

III. 결 과

3.1. 농업인의 만족도 조사

농업기상재해 조기경보서비스 전반에 대해서 미응답자 1가구를 제외한 모든 농가가 만족한다고 응답하였다. 조기경보서비스의 ‘지역 및 농장 맞춤형 기상정보’가 가장 만족스럽다는 응답이 4가구(40.0%)로 가

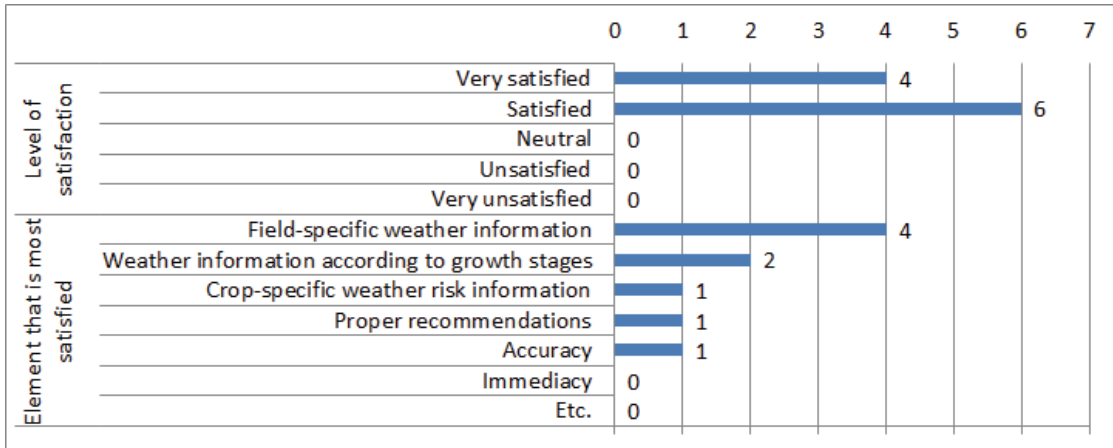


Fig. 1. A survey on the satisfaction of the farmstead-specific early warning service for weather risk management. (unit: farmhouse)

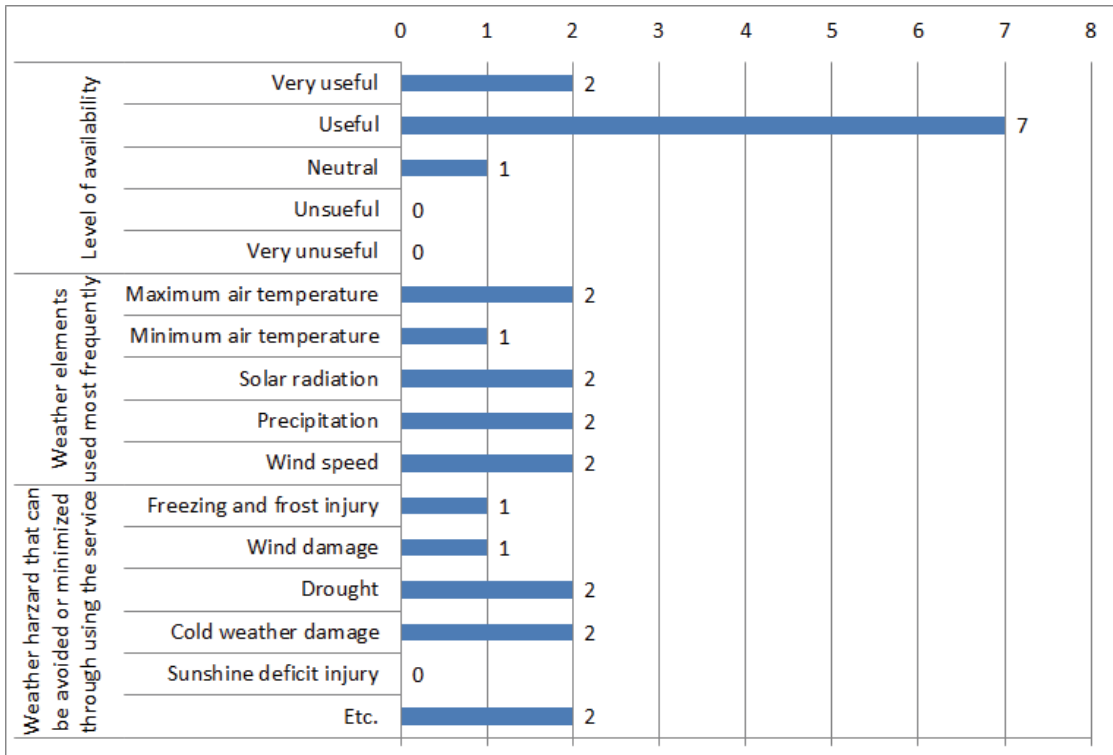


Fig. 2. A survey on the availability of the farmstead-specific early warning service for weather risk management. (unit: farmhouse)

장 높았으며, 이어 ‘생육기별 기상정보’가 만족스럽다는 응답이 2가구(20.0%)로 나타났다(Fig. 1).

9가구(90%)가 농업기상재해 조기경보서비스를 농사에 활용하는 편으로 응답하였으며, 조기경보서비스

가 제공하는 각종 기상정보(일 최고기온, 최저기온, 일사량, 강수량, 풍속)를 전반적으로 골고루 활용하고 있는 것으로 조사되었다. 조기경보서비스를 통해 실제 기상재해를 회피하거나 줄일 수 있었다고 응답한 농가

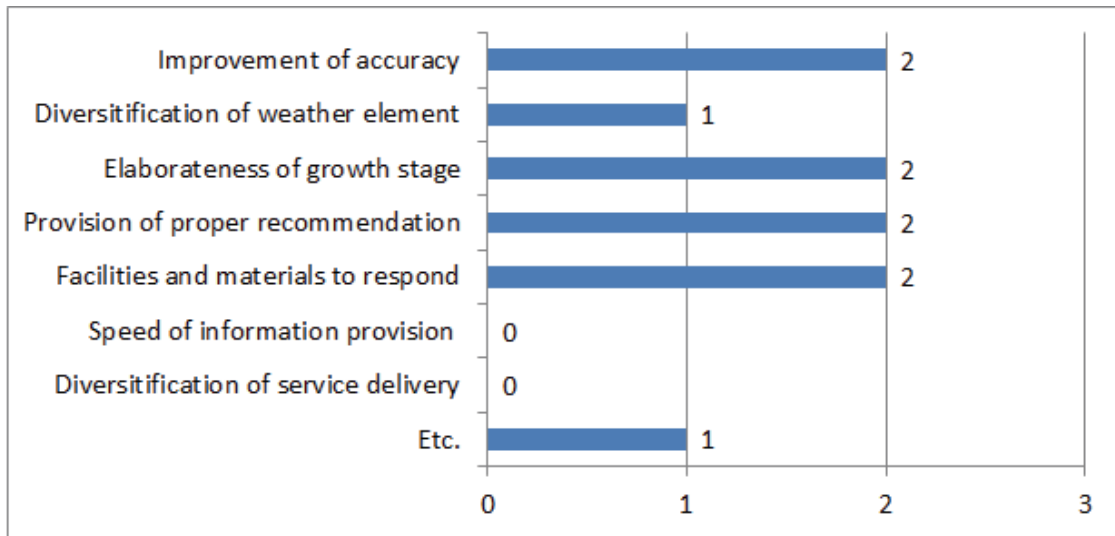


Fig. 3. A survey on the improvement of the farmstead-specific early warning service for weather risk management. (unit: farmhouse)

Table 1. Initial project cost for implementing of the farmstead-specific early warning system for weather risk management

Classification	Service life (Year)	Cost per administrative district (KRW/Si or Gun)	Cost per unit area (KRW/10a)
H/W (Computing) Web server, Data processing server, Database server, GIS server, Storage, etc.	6	100,000,000	923
H/W (Automatic weather observation station) 10 stations(prone to weather disasters), etc.	5	1,290,323	12
S/W (Operating) Estimating of field-specific weather, Estimating of field-specific weather risk, Delivering of warning messages, Web-GIS and statistics, etc.	6	100,000,000	923

는 8농가(72.7%)이며, 이중 각각 2가구(25%)가 ‘가뭄’, ‘냉해’, ‘기타(강우)’를 실제 피할 수 있었던 기상 재해로 응답했다(Fig. 2).

현재 제공되고 있는 조기경보서비스에서 개선되어야 할 사항의 1순위는 여러 항목에 걸쳐 두루 나타났는데 ‘정보의 정확성 제고’, ‘보다 정교한 생육기의 구분’, ‘보다 적합한 관리대책의 제공’, ‘조기경보에 대응할 시설이나 농자재의 지원’ 등이 비교적 높은 비중(각각 2가구, 20%)으로 나타났다(Fig. 3). 조기경보서비

스에 비용을 지불할 의사가 있다고 응답한 6농가의 월 평균 지불의사금액은 8,833원(최소 3,000원~최대 2만원)으로 조사되었다.

3.2. 경제적 효과 분석

농업기상재해 조기경보시스템은 전산 H/W, 검증용 기상관측장비, 운영 S/W 등으로 구성된다. 1개 시·군당 초기 구축 사업비는 Table 1과 같다. 단위면적당 (10a) 초기 구축비는 시·군당 초기 구축비를 2015년

Table 2. Annual operating cost of the farmstead-specific early warning system for weather risk management

Classification		Cost per administrative district (KRW/Si or Gun)	Cost per unit area (KRW/10a)
Maintenance cost (H/W and S/W)	Initial investment cost ×10%	20,129,032	186
Operating cost (Computing system)	Network usage fee, Electric charge, Etc.	20,000,000	185
Communication cost	Data delivery, Short Message Service of warning	10,000,000	92

Table 3. Annual willingness to pay (WTP) per farmhouse for the use of the farmstead-specific early warning service
Unit: KRW/farmhouse

Classification	Monthly	Annual	Note
Willingness to pay 1	8,833	52,998	Usage for 6 month per 1 year
Willingness to pay 2	8,833	79,497	Usage for 9 month per 1 year

Table 4. Annual willingness to pay for the use of the farmstead-specific early warning service according to four scenarios

Scenario	Willingness to pay per administrative district (KRW/Si or Gun)	Willingness to pay per unit area (KRW/10a)
1 Usage of 50% of farmers for 6 month	186,094,442	1,718
2 Usage of 30% of farmers for 6 month	111,656,665	1,031
3 Usage of 50% of farmers for 9 month	279,141,663	2,577
4 Usage of 30% of farmers for 6 month	167,484,998	1,546

시·군 평균 경지면적(10,832ha)으로 나누고 1/10을 곱하여 계산하였다.

1개 시·군당 연간 운영비는 Table 2와 같이 H/W 및 S/W 유지보수비, 전산시스템 운영비, 통신비 등으로 구성된다. 여기에서 유지보수비는 초기 투자비용의 10%로 계산하였다. 조기경보 서비스 Help Desk 및 기술지원을 위해 서비스 운영 인건비(1명)도 고려해야 하나 시·군청의 관련 업무 담당자가 서비스를 운영하는 것으로 하여 본 비용편익 분석에서는 고려하지 않았다. 단위면적당 연간 운영비는 시·군당 연간 운영비를 2015년 시·군 평균 경지면적(10,832ha)으로 나누고 1/10을 곱하여 계산하였다.

농업인 만족도 설문조사에서 1개 가구당 조기경보 서비스 월간 지불의사금액은 평균 8,833원으로 조사되었다. 이를 이용하여 연간 지불의사금액을 단순 합

산하여 산정하면 연간 6개월 이용 시 5만 2,998원이고, 연간 9개월 이용 시 7만 9,497원으로 계산되었다 (Table 3).

조기경보서비스의 연간 이용 개월과 이용 농가 비율을 조합한 4가지 시나리오별 시·군당 및 단위면적당 조기경보서비스 지불의사금액은 Table 4와 같다. 시·군 농가의 50%가 조기경보서비스를 6개월간 이용한다고 가정하는 시나리오 1을 살펴보면, 1개 시·군의 지불의사금액은 1억 8,609만 4,442원, 단위면적당은 1,718원이 된다. 반면에 시·군 농가의 30%가 6개월간 조기경보서비스를 이용한다고 가정하는 시나리오 2를 살펴보면, 1개 시·군의 지불의사금액은 1억 1,165만 6,665원, 단위면적당은 1,031원이 되는 것으로 조사되었다.

본 연구에서는 조기경보시스템의 분석 기간을 30년

Table 5. Cost-benefit flow of the farmstead-specific early warning system based on scenario 1

Unit: KRW/unit area (10a)

Year	Initial project cost			Operating cost			Total	Present value		
	Computing H/W	Weather observation system	Operating S/W	Maintenance	Computing system	Communication		Cost	Benefit	Net
0	923	12	923	0	185	92	2,135	2,135	1,718	-417
1	0	0	0	186	185	92	463	439	1,628	1,190
2	0	0	0	186	185	92	463	416	1,544	1,128
3	0	0	0	186	185	92	463	394	1,463	1,069
4	0	0	0	186	185	92	463	374	1,387	1,013
5	0	12	0	185	185	92	473	362	1,314	952
6	923	0	923	1.2	185	92	2,124	1,541	1,246	-295
7	0	0	0	186	185	92	463	318	1,181	863
8	0	0	0	186	185	92	463	302	1,119	818
9	0	0	0	186	185	92	463	286	1,061	775
10	0	12	0	185	185	92	473	277	1,006	729
11	0	0	0	186	185	92	463	257	953	697
12	923	0	923	1.2	185	92	2,124	1,117	904	-214
13	0	0	0	186	185	92	463	231	857	626
14	0	0	0	186	185	92	463	219	812	593
15	0	12	0	185	185	92	473	212	770	557
16	0	0	0	186	185	92	463	196	729	533
17	0	0	0	186	185	92	463	186	691	505
18	923	0	923	1.2	185	92	2,124	810	655	-155
19	0	0	0	186	185	92	463	167	621	454
20	0	12	0	185	185	92	473	162	589	427
21	0	0	0	186	185	92	463	150	558	408
22	0	0	0	186	185	92	463	143	529	387
23	0	0	0	186	185	92	463	135	501	366
24	923	0	923	1.2	185	92	2,124	588	475	-112
25	0	12	0	185	185	92	473	124	451	326
26	0	0	0	186	185	92	463	115	427	312
27	0	0	0	186	185	92	463	109	405	296
28	0	0	0	186	185	92	463	103	384	280
29	0	0	0	186	185	92	463	98	364	266
Total	4,615	72	4,615	4,649.8	5,550	2,760	22,256	11,967	26,342	14,375

으로 설정하여 비용과 편익을 산정하였으며, Table 5는 시나리오 1을 기준으로 한 비용과 편익의 현금 흐름을 나타내었다. 사회적 할인율을 5.5%로 가정하여 순현재가치를 계산한 결과, 편익의 현재가치(Present

Value, PV)는 단위면적당 2만 6,342원, 비용의 PV는 1만 1,967원으로 나타나 순현재가치(Net Present Value, NPV)는 1만 4,375원이 되었다. 정부가 조기경보시스템의 초기 투자비를 100% 지원한다고 가정하여

Table 6. Cost-benefit analysis for implementing of the farmstead-specific early warning system for weather risk management based on scenario 1

Unit: KRW/unit area (10a)

Classification	Benefit	Cost	Net Present Value (NPV)
Economic	26,342	11,967	14,375
Financial	26,342	5,932	20,410

* The results of financial analysis were calculated based on the assumption that the government provides 100% of the cost of initial investment

재무적 분석을 하면, NPV는 단위면적당 2만 410원으로 분석되었다(Table 6).

IV. 고 찰

산학연 공동연구로 개발한 농가맞춤형 기상재해 조기경보서비스를 전국으로 확대하는 정책을 추진하기에 앞서, 현장에서 적용하고 있는 농가들의 애로사항을 파악하고 경제적 효과를 분석하는 것이 요구된다. 이에 조기경보서비스를 활용하고 있는 농가를 대상으로 서비스 만족도를 조사하고, ‘농가맞춤형 기상재해 조기경보시스템 구축’ 산학연 공동연구를 수행하고 있는 산업체 전문가의 자문을 통해서 시스템 구축 비용을 산정하였다.

조기경보서비스를 활용하고 있는 농가는 전반적으로 만족하였고 농사에 잘 활용한다고 응답하였다. 그리고 조기경보서비스가 전국으로 확대되어 시·군 농가 50%가 6개월간 본 서비스를 이용한다고 가정하면, 편익의 PV는 10a당 2만 6,342원, 비용의 PV는 1만 1,967원으로 나타나 순현재가치는 1만 4,375원이 되는 것으로 분석되었다. 따라서 편익(B)대비 비용(C)의 비인 B/C ratio가 2.2로 나타나 사업의 타당성이 높은 것으로 나타났다. 하지만, 본 연구의 설문에 참여한 농가의 샘플이 적고 시스템 구축 비용을 전문가 자문을 통해서 산정한 관계로 결과 해석에 유의할 필요가 있다고 하겠다.

본 연구와 같이 모집단 크기가 클 때(2015년 기준 전국 농가 수는 1,088,518), 신뢰수준 95%에서 오차한계 10%를 유지하려면 최소 96개의 표본이 필요한데, 본 연구는 표본수가 적음으로 인해 오차한계가 클 것으로 사료되며, 향후 이를 보완하는 추가 연구가 필요하다고 하겠다.

다만, 전라남도 순천시 농업기술센터에서 조기경보서비스 대상지역인 순천의 매실재배 235농가(응답비율은 85.2%)를 대상으로 2017년 2월부터 6월까지 실시한 매실과원의 날씨 및 재해정보에 대한 만족도 설문에서 94.5%가 만족(매우 만족 28.5% 포함)하는 것으로 조사되어서(농업기술센터의 내부자료, 미제시), 본 연구의 설문조사 표본수 부족에 따른 신뢰성 저해 우려를 일부 해소하는 것으로 판단되었다.

적 요

본 연구에서는 농업기상재해 조기경보시스템의 전국 확대 구축을 위한 기초자료를 제시하고자, 조기경보서비스를 활용하는 농가를 대상으로 만족도를 조사하였고, 시범사업 추진에 따른 비용편익을 분석하였다. 설문에 참가한 농가는 조기경보서비스에 대해서 대체로 만족하였고 농사에 잘 활용한다고 응답하였다. 그리고 조기경보서비스에 대한 월간 지불의사금액은 평균 8,833원으로 조사되었다. 조기경보서비스가 전국으로 확대되어 시·군 농가의 50%가 6개월간 이용한다고 가정하면, 편익대비 비용의 비가 2.2로 분석되어 전국 확대를 위한 사업추진의 타당성이 높은 것으로 평가되었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ01000701)의 지원에 의해 이루어진 것으로 “기후스마트농업의 실태진단과 과제” 연구 보고서(Jeong *et al.*, 2016)에서 농업기상재해 조기경보시스템 부분에 관한 내용을 재분석하여 학술논문으로 제출하였다.

REFERENCES

- IPCC, 2011: Special report on managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation, New York, Cambridge University Press, 582pp.
- Jeong, H. K., Y. A. Lim, H. J. Lee, and C. G. Kim, 2016: *Current status of climate-smart agriculture and policy directions* (ISBN: 978-89-6013-968-8 93520), Korea Rural Economic Institute, 184pp. (In Korean)
- Shim, K. M., Y. S. Kim, M. P. Jung, I. T. Choi, H. Kim, and K. K. Kang, 2017: Implementation of agrometeorological early warning system for weather risk management in South Korea. *Journal of Climate Change Research* **8**(2), 171-175.
- UNISDR, 2017: *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*, 35pp. (Available through the UNISDR Website at the following weblink: http://www.unisdr.org/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf)
- WMO, 2010: *Guidelines on Early Warning Systems and Application of Nowcasting and Warning Operations*. PWS-21, WMO / TD No. 1559, 22pp. (Available through the WMO Website at the following weblink: <http://www.wmo.int/pages/prog/amp/pwsp/documents/PWS-21.pdf>)
- Yun J. I., S. O. Kim, J. H. Kim, and D. J. Kim, 2013: User-specific agrometeorological service to local farming community: A case study. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **15**(4), 320-331. (in Korean with English abstract)
- Yun J. I., S. O. Kim, K. M. Shim, and Y. S. Shin, 2015: *A field-specific service for agrometeorological hazards early warning* (ISBN 979-11-954603-0-493520), Korean Society of Agricultural and Forest Meteorology, 155pp. (In Korean)