

연구 자료

원격탐사기술의 농업통계분야 도입방향*

김충실** 박재화***

Key words: 원격탐사(Remote Sensing), 위성영상(Satellite Image), 농업통계(Agricultural Statistics)

ABSTRACT

The purpose of this study is, as a first stage of related study, to suggest the effective direction applying remote sensing technology as a tool for agricultural statistics. The study explores an advantage of remote sensing technology, the applicable field and feasibility in agricultural statistics. As a result, the study presents some specific recommendations of satellite image, the priority of applicable field, the applicable crops and priority. The next steps of this study will be to analyze agricultural statistics system using remote sensing in advanced countries such as PEDITOR and MCYFS, and will be to develop our own statistics system continuously.

1. 서론
2. 원격탐사기술의 특징과 응용가능 농업통계분야
3. 농업통계분야의 원격탐사기술 적용타당성
4. 원격탐사기술의 농업통계분야 도입방향
5. 요약 및 결론

1. 서론

지식정보화시대를 맞아 급변하는 농정여건에 대응하기 위해 농업인·학계·관련기관들은 정보의 정확성(accuracy), 적시성(timeliness), 완비성(completeness)을 모두

갖춘 고급통계의 생산 및 보급을 희망하고 있으나 현행 농업통계는 이러한 요구를 완전히 충족하여 주지 못하고 있는 실정이다.

지구촌 시대의 (농업)통계·정보 생산능력은 국가 경쟁력의 우위를 확보하기 위한 필요조건이다. 세계는 지금 1차원적인 통계를 벗어나 2차원, 3차원적인 통계로 접근해 가고 있다. 최근 미국, 일본, EU등의 선진국을 중심으로 항공우주기술을 이용한 영상자료를 각종 농업통계의 산출에 활용하는 원격탐사(remote sensing)기법이 적

* 이 논문은 한국농업경제학회 2005년 통계학술대회 발표논문을 수정·보완하였음.

** 경북대학교 농업경제학과 교수.

*** 경북대학교 농업경제학과 강사.

극적으로 연구·응용되고 있다. 원격탐사는 각종 작물의 분광학적 반사 특성을 관측, 통계적 기법을 이용하여 이를 분류함으로써 농업통계의 생산 및 기존 통계의 보완을 위한 핵심기술로 자리매김하고 있다 (Allen 1990).

하지만 국내의 경우 농업통계 인프라 강화를 위한 원격탐사기술의 응용에 대한 연구가 매우 미진하며 해당 기술을 농업통계 생산에 적용할 수 있는 기반을 마련하지 못하고 있다. 원격탐사와 깊은 관련성이 있는 지리정보시스템(GIS)에 관한 연구가 농업정보화촉진시행계획에 따라 다수 수행되었으나 자연지리정보를 속성정보로 한 GIS의 구축, 즉 자연과학적인 접근에 편향되어 추진됨으로서 인문지리정보(농업통계)의 생산 및 연계와 이를 활용한 통계생산업무의 효율성 증대 측면에서의 연구는 전무한 실정이다. 따라서 원격탐사 및 GIS를 활용한 농업통계생산 및 고급정보생산에 대한 선진국 수준을 빨리 극복해야 하며 오히려 보다 혁신적인 응용력을 발휘하여 농업 및 농정 경쟁력 확보의 주요한 수단으로 발전시켜나가야 한다.

본 연구는 국내 농업통계분야에 원격탐사기술을 적용하기 위한 첫 단계의 연구로서 원격탐사기술의 특징과 응용가능 농업통계분야를 제시하고 해당 기술의 도입타당성을 검증하고자한다. 그리고 이를 바탕으로 기술도입 시 요구되는 각종 의사결정에 대한 바람직한 방향을 제시함으로써 관련 연구의 의의와 향후 방향성을 제시하는데 연구의 목적이 있다.

2. 원격탐사기술의 특징과 응용가능 농업통계분야

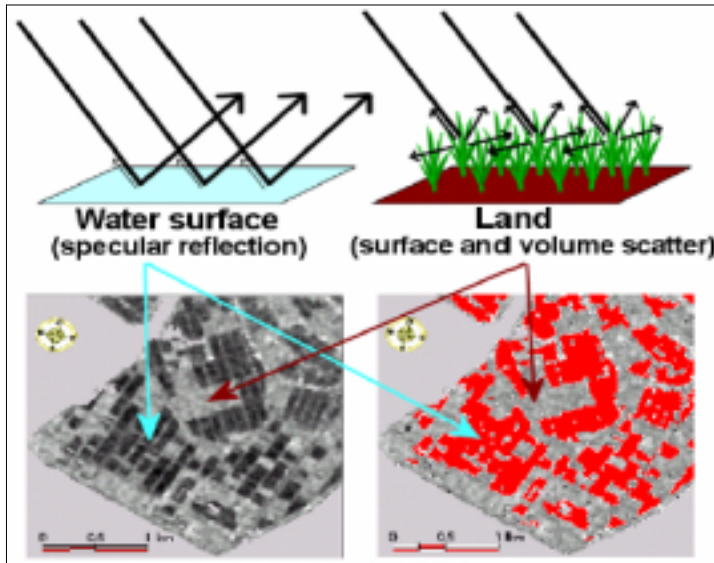
2.1. 원격탐사기술의 개념 및 특징

원격탐사는 물체의 종류와 환경조건에 따라 입사한 에너지원에 대한 전자기에너지(electromagnetic energy)의 반사(reflection) 및 방사(emission) 특성이 다른 점을 이용하여 비행기나 인공위성 등에 탑재된 센서(sensor)에서 대상물의 전자 스펙트럼 정보를 수집하고 그 특성을 해석하는 기술이다. 보다 포괄적인 개념으로는 실제 관찰하고자 하는 목적물에 직접 닿지 않고 대상체의 정보를 추출하여 내는 기법을 의미한다.

원격탐사는 1970년대 이전에는 주로 아날로그 형태의 사진에 의하여 이루어졌으나, 근래에는 플랫폼(platform)¹에 탑재된 관측 센서로부터 얻은 정보를 디지털화하여 이를 분석·처리하는 기법이 많이 쓰인다. 최근 항공우주기술의 발달로 센서의 정보취득능력이 종래 가시역, 적외역에서 극초단파, 초음파, 레이저 등으로 점차 그 영역이 확장되고 있어 도시계획 및 설계, 환경, 교통, 농림수산업, 자원, 해양분야 등 여러 관련분야에서의 적용이 기대되는 첨단기술 분야이다. 국내에서도 고해상도 국산 다목적 실용위성인 KOMPSAT-2(아리랑 2호)의 발사를 앞두고 각 응용분야별로 관련 연구가 활발히 진행되고 있다.

¹ 원격탐사장비가 갖추어진 지상관측장비, 비행기나 인공위성 등을 의미함.

그림 1. 원격탐사의 기본원리(비 작부면적 추정)



자료: 齋藤元也, 2002.

원격탐사의 일반적인 장점은 다음과 같이 정리된다(엄정섭 2004). 첫째, 넓은 지역의 전반적인 현황을 빠르게 파악할 수 있고 넓은 지역의 데이터 수집 시 시간과 비용측면에서 장점이 있으며, 같은 면적의 현지 조사에 비하여 자료취득 비용이 저렴하다. 둘째, 하늘에서 지상을 내려다보는 듯한(vertical vantage point of view) 정보를 제공하므로 공간 객체의 면적 산정, 거리 계산 등 정량적 해석이 필요한 분야에 효과적으로 이용할 수 있다. 셋째, 지리적으로 접근이 곤란한 지역의 자료 수집이 가능하다. 대도시의 심장부, 군사적·정치적 이유로 접근이 불가능한 곳, 극한지역, 사막지역, 고산지 등 어느 곳이나 측정이 가능하다. 또한 지도가 제작되지 않은 지역에 대한 정보를 취득할 수도 있다. 넷째, 현지조사에 비하여 개인오차가 적고 조사

대상 지역 전체에 걸쳐 오차의 파급이 거의 비슷하다. 다섯째, 데이터를 영구적인 기록으로 보관할 수 있기 때문에 현재의 정보뿐만 아니라 과거의 정보를 추출해 볼 수 있고 미래의 예측도 가능하다. 동일 지역을 반복 관측할 수 있기 때문에 토지이용 및 자연 생태계의 시계열적 변화를 용이하게 파악할 수 있다. 이러한 원격탐사의 특성 및 장점을 고려할 때 현지조사와 원격탐사의 장단점을 비교하면 다음과 같다.

현지조사에 비해 원격탐사는 넓은 지역은 신속하게 조사할 수 있으며 조사결과가 기본적으로 디지털 포맷을 가지고 있으므로 지리정보시스템(GIS) 등과의 연동 및 연관분석에 탁월한 장점을 발휘한다. 따라서 다수의 관련 학자들이 원격탐사기술을 농업통계 산출업무에 적용할 경우 기존통계산출의 모든 문제점들을 일시에 해결해

표 1. 현지조사와 원격탐사의 장·단점 비교

비교	장 점	단 점
현 지 조 사	<ul style="list-style-type: none"> ○ 소규모 지역인 경우 경제적 ○ 측정 장비가 비교적 단순 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대상지역이 넓을 경우 비경제적 ○ 정확도의 균일성 확보 곤란 ○ 조사 대상물에 대한 접근이 어려울 경우가 많음 ○ 샘플링 기법의 한계 때문에 대상 지역에 대한 부분적인 조사만 가능
원 격 탐 사	<ul style="list-style-type: none"> ○ 거시적 관찰가능 ○ 정확도의 균일성 확보 가능 ○ 측정의 신속성, 정량적, 정성적 조사 가능 ○ 처리 기법 및 관독 기법의 표준화 ○ 비접근지역에 대한 영상취득 가능 ○ 일정한 주기성(permanent record) ○ 다양한 분광정보를 이용한 분석 가능 ○ 디지털 자료로 처리 및 보관 용이 ○ 디지털 환경에서 GIS와 연동 가능 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기상 및 계절의 영향을 많이 받음 ○ 소규모 지역에 대해서는 비경제적 ○ 고가의 장비, 관독을 위해 상당한 훈련 필요

줄 수는 없지만 광범위한 지역을 일시에 조사, 정확성, 데이터의 지속성, GIS와의 연계, 비용절감, 적시성, 접근 불가능한 지역의 자료조사 등을 고려할 때 기존 통계방법과는 차별화 되는 유용성을 보장한다고 제시하고 있다(Hale et al. 1999; Tsiligrirides 1998; 藤元也 2002 등).

2.2. 원격탐사기술의 응용가능 농업통계분야

원격탐사기술의 농업통계 활용가능분야는 다음과 같이 정리될 수 있다. 첫째, 토지이용분류 및 경지면적조사에 대한 활용이다. 농업통계산출의 가장 기본이 되는 토지이용분류 및 경지면적조사에 원격탐사기술을 적용함으로써 토지자원의 명확한 파악과 디지털화된 토지자원도의 구축이 가능하며 이는 작물생산계획, 양곡수급계획의 수립시 효율성을 높일 수 있다.

둘째, 경지별 작물재배면적조사에 대한 활용이다. 현행 작물재배면적조사의 통계

학적 메커니즘은 문제가 없으나 방대한 현장 답사가 요구되는 표본조사업무상의 특성상 조사치와 현실치의 괴리가 불가피하게 발생하고 있다. 인공위성자료를 활용한 작물재배면적의 산출은 넓은 지역을 일시에 조사할 수 있고 현장 실측에 비해 원하는 시기와 횟수에 제약 없이 전수조사를 통해 작물재배면적을 산출해 볼 수 있으므로 장기적으로 비용 효율성이 뛰어나다.

셋째, 작물별 작황조사에도 원격탐사기술의 활용이 가능하다. 단위면적당 작물수량의 산출은 작물 재배지역의 반사스펙트럼의 차이를 토대로 생육단계가 같은 작물의 생체정보를 분석하여 해당 작물의 수량을 추정할 수 있다. 작물의 작황을 위성영상을 통해 관독해내는 것은 고해상도의 영상과 고도의 기술을 필요로 한다.

넷째, 인공위성 영상을 통해 보다 정확한 토지이용분류 및 경지면적조사, 경지별 작물재배면적조사 그리고 해당 작물별 작황

조사가 가능해 진다면 이러한 모든 프로세스를 시스템화 함으로서 수확량예측 시스템의 구현이 가능해 진다. 위성영상을 이용한 수확량 예측 시스템은 현지 필드조사를 통한 농작물 작황데이터, 기상데이터, 토양데이터, 식생지수데이터, 위성영상데이터를 지속적으로 입력한 데이터베이스와 수확량예측을 위해 개발한 모델베이스를 통합함으로서 구성될 수 있다.

다섯째, 농업재해조사 및 관리분야에 대한 응용이다. 최근 기상이변의 급증과 점점 증대되는 농업재해 관리의 중요성에 비해 농업재해와 관련된 통계는 체계적으로 생산·보급되지 못하고 있으며 이로 인해 농작물재해보험 등 각종 정책프로그램의 효율성을 저하시키는 원인이 되고 있다(김충실, 박재화 등 2004). 또한 농업재해 발생시 재해도와 피해수준의 파악이 신속하지 못하고 관련 다양한 조사비용들을 파생시키고 있다. 농업재해조사 및 관리에 위성영상을 활용할 경우 농업재해 발생 전후 영상을 시계열 분석하여 재해 발생지역의 위치와 면적, 피해정도를 신속하게 파악하고 이를 데이터베이스화할 수 있을 것으로 기대된다.

여섯째, 원격탐사기술은 통일농정을 대비한 북한농업의 통계조사에 매우 적합한 방법론이다. 현재 북한농업과 관련된 대다수 연구가 유엔 식량농업기구(FAO), 세계식량계획(WFP) 등을 통해 북한농업통계를 간접적으로 획득하기 때문에 관련 연구 및 정책의사결정에 걸림돌로 작용하고 있는 실정이다. 국내 KOMPSAT 위성등 대다수의 한반도 관측위성을 이용할 경우 북한농

업의 원격탐사가 가능해 짐으로서 과학적으로 북한농업통계를 생산하고 보급하는데 기여할 것이다.

3. 농업통계분야의 원격탐사기술 적용타당성

3.1. 기술적 타당성

기존 농업통계산출방법의 기본적인 문제점들은 데이터의 정확성(reliability of data), 비용과 편익(cost and benefit), 적시성(timeliness), 불완전한 샘플 프레임과 샘플 크기(incomplete sample frame and sample size), 샘플선택의 방법(methods of selection), 비 샘플지역 오차(non sampling error), 실제 지리정보와의 괴리(gap in geographical coverage) 등이다(Mueller and Ozga, 2002).

현행 농업통계 중 농지의 상태파악(경지면적, 재배면적 등)과 관련된 통계를 중점적으로 고려할 경우(경영통계 제외) 기본적으로 농지가 에너지의 원천으로서 태양에너지에 의존하고 있으므로 원격탐사기술을 활용한 관련통계의 산출은 기술적으로 매우 적합하다.

농업통계산출에 대한 원격탐사기술의 적용타당성은 이미 해당 기술을 도입·활용하고 있는 선진국의 사례에서도 명백히 제시된다. 미국의 사례를 예로 들면, 1972년부터 8년간의 시범연구를 수행하고 1980년부터 원격탐사기술을 농업통계산출에 적용하고 있는 미국은 1987년까지의 1단계 실무사업을 총괄적으로 평가하는 보고서에서

표 2. 쌀 재배면적 추정 정확도 비교: 미국

단위: %

연도	JES		CDLP	
	정확도	오차	정확도	오차
1981	150.6	50.6	100.0	0.0
1983	117.4	17.4	109.2	9.2
1984	97.0	3.0	96.7	3.3
1985	102.7	2.7	109.7	9.7
1986	91.2	8.8	94.3	5.7
1987	90.3	9.7	88.1	11.9
평균	-	15.4	-	6.6
분산	-	326.8	-	19.9

원격탐사기술 적용의 효과를 다음과 같이 제시하고 있다(Allen and George, 1988).

보고서에 제시된 다수 작목 중 벼(rice) 재배면적의 추정에 대해서 기존표본조사(June Enumerative Survey : JES) 결과와 CDLP(Cropland Data Layer Program) 결과의 정확도를 비교²해보면 (표 2)와 같다. 정확도 산출의 기준은 ABS(Agricultural Statistics Board)에서 산출한 최종공식통계(final official estimate)를 기준으로 한다. ABS는 JES, 위성영상판독, 통계치 보정, 농업통계지수 작성에 관여하는 전문가 패널(panel)로 구성되어 있다. 표에서 제시되는 정확도는 공식통계를 기준(100%)으

로 볼 때 JES, CDLP의 결과를 의미하며, 오차는 공식통계와의 차이를 의미한다.

비교결과 기존 표본통계방법에 의거한 JES는 정확도의 평균오차가 15.4%인데 반해 표본통계와 원격탐사기술을 동시에 적용한 CDLP의 정확도 평균오차는 6.6%로 나타났다. 즉 ABS 최종공식통계를 기준으로 봤을 때 6년간의 표본통계는 평균적으로 15.4%의 오차가 발생했으나 CDLP는 6.6%만의 오차를 발생시켰음을 알 수 있다. 따라서 기존의 표본통계방법에서 원격탐사기술을 적용함으로써 약 8.8%의 오차를 보정했다는 결과를 제시하고 있다.

통계치의 안정성을 비교하기 위해 방법론별 오차의 분산을 산출하여 비교하였다. 산출결과 JES의 오차 분산은 326.8%로, CDLP의 오차 분산은 19.9로 나타나 분산간의 차이가 16배에 달하는 것으로 나타났다. 따라서 CDLP의 통계치가 안정성이 높으며 6년간 큰 기복 없이 벼의 재배면적을 추정하고 있음을 알 수 있다.

물론 미국의 사례에서 볼 수 있는 농업 통계분야 원격탐사기술 활용의 유용성이

² JES는 미국의 재배면적통계로 매년 6월에 실시됨. 표본조사 방법을 적용하여 주별로 150개~400개 정도의 표본, 전국에 11,000개의 표본이 있음. 통계산출을 위해 전국적으로 약 41,000 농가를 매년 방문조사 하고 있음. 향후 JAS(June Agricultural Survey)로 개명됨. CDLP는 원격탐사와 GIS기술을 이용하여 주요 작물의 재배면적을 추정하고, 작물별로 디지털화된 농업지리정보체계를 구축하기 위한 USDA의 정책 프로그램임. 미국은 작물재배면적통계의 정확성을 높이기 위해 표본조사통계(JES)와 원격탐사결과(CDLP)를 연계하여 재배면적을 추정하고 있음.

작부체계가 복잡하고 다품종·소량생산을 중심으로 하는 국내 농업여건에 그대로 적용될 수 있는가의 문제가 고려되어야 한다. 우리나라와 작부체계가 비슷한 일본의 경우 10년간의 연구축적을 통해 벼 재배면적을 비교적 정확하게 판별할 수 있는 기술 수준을 보유하고 있는 것으로 연구결과를 제시하고 있다(石塚直樹 2004). 다만 미국과 달리 이러한 결과는 실용화를 통한 결과가 아니라 연구단계의 결과라는 점에서 한계를 가지며 기술의 실용화를 위한 지속적인 노력이 요구된다.

이상의 내용을 종합적으로 검토할 때 현 시점에서 원격탐사기술의 농업통계분야 적용에 대한 기술적 타당성은 충분하다고 판단되며 국내의 경우 관련기술의 선진국수

준 확보와 실용화를 위한 연구가 시급한 실정이다.

3.2. 경제적 타당성

농업통계분야의 원격탐사기술 적용에 대한 기술적 타당성 못지않게 중요한 것이 과연 해당 기술의 도입이 비용절감 등의 경제적 효과를 가질 수 있는가에 대한 경제적 타당성 검토이다. 본 연구에서는 원격탐사기술이 농업통계생산에 실제 적용되고 있는 미국의 사례를 중심으로 원격탐사기술 도입의 경제적 타당성을 검토하였다.

표본조사방법인 JES와 원격탐사기술을 적용한 CDLP의 주(state)별 평균비용을 시범사업단계에서부터 최근까지 비교하면 다음과 같다(Hanuschak 2002).

표 3. JES와 CDLP의 비용비교

단위: 천 달러

연도	JES(A)	CDLP(B)	차이(B-A)
1981	75	178	103
1982	68	128	60
1983	69	144	75
1984	77	145	68
1985	79	140	61
1986	82	142	60
1987	90	138	48
1988	93	131	38
1989	96	125	29
1990	99	119	19
1991	103	113	10
1993	106	107	1
1994	109	102	-8
1995	113	97	-16
1996	117	92	-25
1997	121	87	-33
1998	125	83	-42
1999	129	79	-50
2000	133	75	-58

결과를 살펴보면 CDLP의 경우 초기에 방법론이 정착되지 못하여 관련연구지원 및 데이터처리비용으로 비교적 많은 예산이 소요되었다. 하지만 시간이 흐를수록 비용이 지속적으로 감소하여 2000년에는 7만 5천불 수준으로 감소하였음을 알 수 있다. 반면 기존통계인 JES의 경우 각종 물가상승과 임금인상 등의 영향으로 인해 그 비용이 지속적으로 증가되고 있으며 2000년의 경우 주당 평균비용이 13만 3천 달러에 육박하고 있다.

현장조사를 근간으로 한 JES와 정보기술을 바탕으로 한 CDLP의 비용 차이는 앞으로도 계속 커질 것으로 예상된다. 왜냐하면 JES의 경우 노동집약적인 작업이므로 근본적으로 비용절감이 어려우며 정확도를 유지하기 위해서는 표본의 관리, 재산정 등 필연적으로 비용의 증가가 예상되기 때문이다. 반면 CDLP의 경우 정보기술의 발달로 위성영상 가격의 지속적인 하락과 자동화에 의한 인력절감이 가능하므로 비용 절감요인이 충분하다. 또한 CDLP를 통해 산출된 농지 및 작물관련 정보는 기본적으로 디지털화된 정보 형태를 가지고 있으므로 인터넷 시대에 수요자들 간 활발한 정보 공유를 유발하며, 최근 농업분야에 적용사례가 급증하고 있는 각종 GIS의 중요한 기초데이터로도 활용된다는 점에서 농업통계산출 이외의 부가 효과도 매우 클 것으로 판단된다.

앞서 살펴본 미국의 기술적 사례에서 원격탐사를 도입함으로써 기존통계방법의 정확도를 8.8% 가량 보정했다는 결과는 비용 측면에서 시사하는 바가 크다. 즉 통상적인

전체 통계산출 비용에서 정확도를 특정수준으로 향상시키기 위해서는 그 이상의 상당한 비용이 추가적으로 소요될 수도 있기 때문이다. 따라서 원격탐사기술 적용비용의 지속적인 하락 추세³와 원격탐사도입이 가져올 부가효과를 동시에 감안한다면 경제적 측면에서 농업통계산출에 원격탐사기술을 적용할 타당성은 충분하다고 판단된다.

국내의 경우도 최근 농업통계산출을 위한 농림예산투자의 추이를 살펴보면 관련 비용이 급증하고 있음을 알 수 있다.⁴ 하지만 이러한 비용증가에 대비해 통계수요자들이 피부로 느끼는 농업통계의 정확도 향상은 의문을 가져볼 수 있다. 따라서 국내에서도 농업통계산출업무에 원격탐사기술을 도입하여 기술적으로 모집단의 실제 값을 파악함으로써 현행 농업통계의 정확성을 검증해야 하며 원격탐사결과와 표본통계를 동시에 활용하여 농업통계의 정확성을 한 단계 더 높여야 한다.

3.3. 실무적 타당성

농업통계분야의 원격탐사기술 적용에 대한 타당성 검토에 있어서 기술적, 경제적 타당성 못지않게 실제 농업통계 산출업무를 담당하고 있는 실무자들이 판단하는 실무적 타당성도 중요하다. 본 연구에서는 원

³ 발사예정인 KOMPSAT-2의 성공적인 발사 및 운영을 통해 위성영상취득의 경제성이 더욱 확보될 것으로 기대됨.

⁴ 최근의 농업통계부분 농림예산변화를 살펴보면, 1998년 1,559백만원에서 2005년의 경우 3,972백만원으로 비용이 2.5배가량 증가하였으며 특히 최근 5년간의 비용 증가가 두드러지게 나타나고 있음(농림부, 2005).

표 4. 원격탐사기술의 도입 필요성

단위: 응답수, %

비 목	응 답
필요하다.	66(94.3)
필요하지 않다.	4(5.7)
결측치	0(0.0)
합계	70(100.0)

표 5. 원격탐사기술의 도입 가능성

단위: 응답수, %

비 목	응 답
가능하다.	59(84.3)
가능하지 않다.	11(15.7)
결측치	0(0.0)
합계	70(100.0)

격탐사기술의 실무적 타당성을 농업통계 생산업무 실무자들에 대한 설문조사결과⁵를 바탕으로 제시한다.

먼저 실무자들이 생각하는 농업통계산출 업무에 대한 원격탐사기술의 도입의 필요성에 대한 의향을 파악하기 위해 “국내 농업통계의 산출업무에 원격탐사기술을 도입할 필요성에 대해서 어떻게 생각 하십니까”라고 질의하였다. 설문결과 “필요하다”는 응답이 94.3%로 매우 높게 나타났다. “필요하지 않다”는 응답은 5.7%로 나타났다. 따라서 실무자들이 생각하는 원격탐사

기술의 도입 필요성은 매우 높은 것으로 판단된다.

다음으로 국내 농업통계산출 업무에 대한 원격탐사기술의 도입의 가능성에 대한 의향을 파악하기 위해 “현재의 농업통계산출업무 여건을 고려할 때 원격탐사기술의 실무적인 도입이 가능하다고 보십니까”라고 질문하였다. 설문결과 “가능하다”는 응답이 84.3%, “가능하지 않다”는 응답은 15.7%로 다수의 농업통계 실무자들이 현재의 농업통계산출업무 여건에서 원격탐사기술의 실무적 도입이 가능하다고 판단하고 있음을 알 수 있다.

현장실무자들에 대한 설문조사결과를 살펴볼 때 원격탐사기술의 농업통계 산출업무 적용에 대한 열망이 매우 크고 현실적인 적용가능성도 높게 평가되고 있는 것을 알 수 있다. 따라서 원격탐사기술의 농업통계 도입에 대한 실무적 타당성은 충분하다고 판단된다.

⁵ 전국의 농산물품질관리원 소속 농업통계생산 담당자를 대상으로 면대면, 전화, 온라인조사를 병행하였으며 총 127개의 설문 중 유효한 응답은 70개였음. 조사기간은 2005년 9월 10일부터 9월 30일까지 20일 간임. 조사대상자들의 지역 분포를 보면 본원(10.2%), 강원(11.8%), 경기(10.2%), 경남(9.4%), 경북(11.8), 전남(14.2%), 전북(13.4%), 충남(9.4%), 충북(9.4%)임. 농업통계관련 근무경력은 평균 약 20년으로 나타났으며, 주요 업무분야는 농업통계조사기획, 경지 및 작물재배통계, 작물재배면적조사, 농업관측, 논벼병충해방제조사, 논벼생산량조사 등이었음.

4. 원격탐사기술의 농업통계분야 도입방향

4.1. 농업통계산출을 위한 위성영상 선정

위성영상은 영상을 촬영하는 위성의 특징, 즉 위성의 공간해상도(spatial resolution), 분광해상도(spectral resolution), 방사해상도(radiometric resolution), 촬영주기(temporal resolution) 등에 따라서 활용될 수 있는 범위와 성격이 명확히 구분된다. 따라서 농업통계의 산출에 원격탐사기술을 활용하기 위해서는 먼저 적절한 위성영상의 선정이 선행되어야 한다.

농업통계산출을 위한 위성영상의 선택에 있어서 주요 판단기준은 대상면적 및 해상도, 입수시기, 영상획득의 용이성, 영상의 가격 등이며 이를 자세히 살펴보면 다음과 같다. 먼저 대상면적 및 해상도의 경우 연구지역의 면적이 넓은가, 좁은가에 따라 위성영상의 종류나 개수가 결정되게 된다. 이것은 위성영상이 어느 범위까지를 찍을 수 있는지 촬영범위에 따라 달라진다. 또한 사용하고자 하는 위성영상의 특징에 따라서도 틀려질 수 있다. 특정 지역의 분석을 위해서는 분석의 정확성을 높이기 위해 중·고해상도를 사용하겠지만 국가차원에서 전국토를 대상으로 한다면 산출될 통계의 품질을 감안하되 중·저해상도 위성의 사용도 고려될 수 있다.

입수시기면에서 위성영상의 종류에 따라 촬영주기가 다르기 때문에 원하고자 하는

지역이 촬영되어 있지 않다면 영상데이터를 얻는데 다소의 시간이 걸릴 수도 있다. 특히 농업통계산출업무의 특성상 특정 시기의 영상을 반드시 취득하여 분석해야 할 경우 해당시기 영상의 신속한 입수가 가능해야 한다. 위성영상을 검색 후 영상을 주문하여 얻어지는 시간은 각 위성의 종류에 따라 다르다. 인터넷으로 검색하여 미리 찍혀져있는 영상을 사는 경우 많은 시간이 걸리지 않는다. Landsat 7을 검색하여 미국에 주문하였을 경우, 3-4일 내에 영상을 받아볼 수 있다. IKONOS나 KOMPSAT EOC 영상을 촬영 주문하는 경우는 넉넉한 시간의 여유를 두어야 한다. 해당 연구지역의 날씨가 안 좋은 경우는 영상을 찍을 수 없으므로 좋은 질의 영상을 얻기 위해서는 다소의 시간이 걸릴 수 있다. Web-server를 이용하는 MODIS의 경우도 계정의 접근만 허락되면 단시간에 영상을 얻을 수 있다.

영상획득의 용이성을 살펴보면, 대부분의 위성영상은 인터넷을 통하여 검색할 수 있다. 인터넷을 통해 검색되는 영상들은 이미 찍혀져서 영상공급처에서 보관되고 있는 영상으로 온라인을 통한 주문과 배달이 가능하다. 또한 인터넷이 아니라 Web-server를 이용하는 경우도 있다. MODIS 경우 인터넷으로 검색 후 신청하면 비밀번호를 가르쳐 준 후 Web-server를 일정시간 열어둔다. 위성영상을 얻기 위해 검색뿐만 아니라 직접 주문을 하는 경우도 있다. IKONOS나 EOC의 경우 연구에 필요한 특정지역의 영상을 촬영 주문할 수 있으며

이 경우 날씨가 안 좋아 여러 번 영상촬영이 미루어질 수 있는 위험이 존재한다는 점을 고려해야 한다. 또한 현재 운영중인 고해상도 위성은 모두 상업위성으로 전 세계를 대상으로 촬영을 하므로 국내에서 촬영 요청 시 우선권(priority)이 매우 낮아 특정 영상의 획득이 어려울 수도 있다.

가격면에서 각각의 위성영상은 촬영범위나 촬영주기 또는 분광특성과 해상도가 틀리기 때문에 많은 차이를 보인다. MODIS의 경우는 무료로 공급되고 있으나 SPOT 영상의 경우는 센서의 종류나 시기에 따라 1,250~5,100 유로화 정도로 다양하다. 가장 많은 위성영상 수요를 가지고 있는 Landsat의 경우 Landsat 7호 TM영상의 가격은 약 80만원정도이다. 그러나 우리나라 위성 영상인 KOMPSAT EOC는 1장에 7만원대의 저렴한 가격으로 영상을 구입할 수 있다. 이상의 선정기준을 고려해서 한반도 촬영

이 가능한 주요위성의 영상별 특성은 (표 6)과 같이 정리할 수 있다.

현재 미국(CDL 프로그램)과 유럽(MARS 프로젝트)에서는 LANDSAT을 주력영상으로 활용하고 있다. 또한 국내 대다수의 연구사례가 LANDSAT 영상을 활용하고 있다는 점에서 농업통계 산출에 있어서도 LANDSAT 영상의 활용은 축적된 분석경험을 이용할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 미국 등 선진국의 사례가 복잡한 지형에서 다품종·소량생산을 중심으로 이루어지고 있는 국내농업에 그대로 적용될 수 있을지에 대한 의문이 제기된다. 우리나라와 비슷한 농업환경을 가지고 있는 일본의 사례를 살펴보면, 일본의 경우 초기 LANDSAT 영상을 이용한 연구가 성행했으나 최근 정밀도가 높은 위성의 활용을 통해 보다 세밀한 농업관련 통계 및 정보를 취득하는 방향으로 전개됨으로서 SPOT 위성의 활

표 6. 인공위성 영상의 종류 및 특성 비교

인공위성	해상도 (m/pixel)	위성 보유국	영상입수 시기(월)	특성
LANDSAT	30	미국	0.5	- 정해진 궤도영상 촬영(고정궤도) - 온라인 결제 가능(영상보고 구입)
KOMPSAT (아리랑위성)	6.6	한국	1.0	- 한국형 다목적위성임(흑백) - 주문기간 짧음
SPOT-5	2.5(흑백) 10/20(칼라)	프랑스	2~3 (Q*: 1월)	- 촬영 면적당 단가가 저렴함, - 주문기간이 짧음
IKONOS	1.0(흑백) 4.0(칼라)	미국	4~6 (Q*: 2월)	- 한국연안 촬영분 많음 - 고해상도 중 활용도 높음 - 구름 20% 무조건 구매(강제조항)
QUICK BIRD	0.6(흑백) 2.4(칼라)	미국	6~7	- 상업용 중 최고의 해상도 - 3회만 촬영, 구름 20% 무조건 구매(강제조항)

자료: 강중호 외, 2004

*: Quick Service로 주문기간을 단축하는 서비스이며 급행료가 추가됨.

용이 증대되고 있다.

결론적으로 농업통계산출을 위한 위성영상의 선정은 타 선진국의 사례와 마찬가지로 앞서 제시한 고려사항을 반영한 시범연구의 추진을 통해 적정 영상을 판단 및 제시하는 것이 바람직 할 것이다.

추가적으로 최근 해외 연구동향을 고려할 때 아시아 기후의 특성상 기후에 영향을 받지 않는 전천후형 SAR(Synthetic Aperture Radar)을 탑재한 RADARSAT 위성영상을 SPOT영상과 보완적으로 사용할 수 있는 통합시스템이 국내에서도 적극적으로 연구되어야 한다.

4.2. 활용가능 분야 및 분야별 우선순위

전술한 바와 같이 원격탐사기술의 농업통계 활용가능분야는 토지이용분류 및 경지면적조사, 경지별 작물재배면적조사, 해당 작물별 작황조사, 수확량예측, 농업재해조사 및 관리, 통일농정을 대비를 위한 북한농업의 통계조사 등으로 요약된다. 앞서 제시된 농업통계분야의 원격탐사기술 적용 타당성과 같이 기술적, 경제적, 실무적 측면에서 원격탐사기술의 농업통계 활용가능분

야별 우선순위를 판단해보면 다음과 같다.

국내에서 원격탐사기술을 이용한 농업통계산출은 아직 관련 선행연구가 미진하고 연구기반마저 조성되어 있지 못하므로 기술적인 측면에서 적용이 보다 용이한 분야에 먼저 도입을 추진해야 한다. 따라서 기술적 측면에서 활용가능분야별 도입 용이성은 ‘경지면적통계>>재배면적통계>>북한농업통계>>농업재해통계>>작물생산량통계’인 것으로 판단된다.

기술적 측면과 동시에 경제적 측면을 고려하면 국내에서 최초로 시행되는 사업이라는 점과 사업의 연속성을 위해서는 비용 대비 효과가 분명하게 제시될 수 있어야 한다는 점을 감안해야 한다. 따라서 현재의 기술수준에서 가장 적은 비용을 투자하여 큰 효과를 볼 수 있는 분야에 대해서 우선적으로 도입을 추진해야 할 것이며 경제적 측면에서 활용가능분야별 효과는 ‘재배면적통계>>작물생산량통계>>경지면적통계>>농업재해통계>>북한농업통계’인 것으로 판단된다.

기술적·경제적 측면외에 향후 실무를 전담해야할 실무자들의 의향도 매우 중요

표 7. 원격탐사기술의 우선적용 농업통계분야

단위: 응답수, %

비 목	1순위	2순위
경지면적통계	41(58.6)	17(24.3)
재배면적통계	24(34.3)	37(52.9)
작물생산량통계	0(0.0)	6(8.6)
농업재해통계	3(4.3)	6(8.6)
북한농업통계	0(0.0)	2(2.9)
결측치	2(2.9)	2(2.9)
합계	70(100.0)	70(100.0)

하다. 설문조사를 통해 도출된 실무자들이 생각하는 원격탐사기술 도입 업무의 우선 순위는 ‘경지면적통계>>재배면적통계>>농업재해통계>>작물생산량통계>>북한농업통계’이다.

따라서 기술적측면, 경제적측면, 실무적측면을 동시에 고려하고 경지면적통계가 재배면적통계 등 각종 통계산출을 위한 기초적 통계라는 점을 감안하면 원격탐사기술의 농업통계 활용가능분야 중 분야별 우선순위는 경지면적통계를 1순위로 다음으로 재배면적통계를 2순위로 먼저 추진되는 것이 바람직하다. 여타 작물생산량통계, 농업재해통계, 북한농업통계에 대한 원격탐사기술 도입 여부는 국가적 상황변화에 따른 수요와 앞서 진행된 경지면적 및 재배면적통계의 결과를 바탕으로 판단되어야 할 것으로 본다.

4.3. 활용가능 작목 및 작목별 우선순위

현행 농업통계 생산업무의 실태, 원격탐사기술의 국내 현황, 주요 선진국의 농업통계분야 원격탐사기술을 종합적으로 검토할 때 원격탐사기술의 농업통계 활용가능 작목과 작목별 우선순위를 다음과 같이 제시한다.

먼저 선진국들의 사례를 검토하면 미국의 경우 처음으로 옥수수, 콩, 밀을 대상작목으로 원격탐사기술을 도입하였으며 향후면, 벼, 사탕수수 등으로 적용을 확대하였다. 이러한 작목의 결정은 기본적으로 해당 주의 CDLP 참여여부에 달려있으나 분명한 것은 재배량이 많은 주 작목을 위주로 활

용범위를 넓혀가고 있다는 점이다.

유럽연합의 경우 일반밀, 통밀, 보리, 쌀, 옥수수 등의 주곡에 대하여 원격탐사기술을 우선적으로 도입하고 있다. 그 이유는 유럽 MARS(Monitoring Agriculture through Remote Sensing techniques) Project의 경우 원격탐사기술 도입의 최우선 과제를 유럽전체의 식량생산현황 파악과 식량자급률 산정 및 식량수급조절에 목적을 두고 있기 때문이다.

광활한 토지의 미국과 다수국가의 동시적 작물생산현황 파악을 목적으로 하는 유럽의 사례를 작부체계가 복잡하고 다품종·소량생산을 중심으로 하는 국내 농업여건에 그대로 적용할 수 있는가에 대한 의문이 존재한다. 따라서 비교적 비슷한 여건을 가진 국가로서 비록 아직 실용화 단계에 들어서지 못했다는 한계점을 가지지만 일본의 각종 연구결과를 검토하면 다음과 같다.

일본의 경우 원격탐사를 활용한 벼 재배면적산출의 경우 약 98%의 정확도를 보고하고 있으며 다음으로 밭작물에 대해서는 90% 정도의 정확도를 보고하고 있다. 반면 채소(양배추)의 경우 Landsat-7/ETM+(30m)을 활용하여 62.5%의 정확도가 보고되고 있으며 고해상도 위성인 Quickbird(2.8m)를 활용한 최근 연구에서 양상추 68.4%, 양배추 74.5%의 정확도를 제시하고 있다 (農林水産省 2003).

이러한 선진국들의 현황과 더불어 향후 실무를 전담해야할 실무자들의 의향을 동시에 고려해야 한다. 설문조사결과를 통해

표 8. 원격탐사기술의 우선적용 작목통계

단위: 응답수, %

비 목	1순위	2순위	3순위
미곡(논벼, 밭벼 등)	63(90.0)	2(2.9)	0(0.0)
맥류(겉보리, 쌀보리, 밀 등)	0(0.0)	15(21.4)	4(5.7)
서류(감자, 고구마 등)	0(0.0)	4(5.7)	2(2.9)
두류(콩, 팥 등)	0(0.0)	0(0.0)	9(12.9)
잡곡(조, 옥수수 등)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
채소(배추, 고추, 양파 등)	3(4.3)	28(40.0)	15(21.4)
과실(사과, 배 등)	2(2.9)	19(27.1)	24(34.3)
특용작물(참깨, 유채 등)	0(0.0)	0(0.0)	2(2.9)
결측치	2(2.9)	2(2.9)	14(20.0)
합계	70(100.0)	70(100.0)	70(100.0)

파악된 실무자들이 생각하는 원격탐사기술을 도입할 작목의 우선순위는 ‘미곡>>채소>>과실>>맥류>>두류>>서류>>특용작물>>잡곡’ 인 것으로 판단된다.

따라서 이상의 결과들을 종합적으로 고려하면 현재의 관련 연구 및 기술수준과 전체 통계에서 차지하는 중요성을 고려할 때 관련연구가 초기단계인 우리나라에서는 재배면적과 관련된 통계산출에 가장먼저 원격탐사기술을 적용하는 것이 바람직하다고 판단된다.

그리고 벼의 적용사례를 피드백하고 국가적 상황변화 및 통계수요자들의 요구에 따라 차후에 재배면적이 많은(농업통계에서 중요도가 높은) 밭작물과 채소류로 응용분야를 확대해 나가야 할 것이다. 채소류와 과실류의 재배면적에 대한 원격탐사기술의 도입 여부는 고해상도 위성영상에 대한 판독기술 확보와 영상구입의 경제성이 동시에 확보되어야 가능할 것이다.

5. 요약 및 결론

원격탐사기술을 이용한 농업통계의 과학적 산출 및 정확성 증대는 미국, EU등의 선진국을 중심으로 이미 실용화 되고 있으며 최근 우주항공기술의 발달로 고해상도 위성영상을 활용해 작물의 수확량까지 산출·예측할 수 있는 수준으로 발전하고 있다. 이미 관련분야에 대하여 미국 35년(연구 및 실무), 유럽 17년(연구 및 실무), 일본 10년(연구)의 노하우가 축적되어 있으나 국내의 경우 원격탐사기술을 이용한 농업통계산출에 관한 연구가 미비한 상황으로 이는 정보화시대의 첨단농업이라는 국제화의 흐름과 경쟁력에서 뒤쳐지는 결과를 초래하고 있다. 정확한 농업통계가 모든 농정의사결정, 농정프로그램, 농정시스템의 기본정보인 점을 감안한다면 원격탐사기술을 활용한 농업통계의 정확도 향상은 무엇보다도 중요한 선결과제이다.

본 연구는 원격탐사기술의 특징과 응용 가능 농업분야를 제시하고 기술의 도입타당성을 검증하였으며 이를 바탕으로 기술 도입 시 요구되는 각종 의사결정에 대한 바람직한 방향을 제시하였다. 주요 연구 결과로서 원격탐사기술의 농업통계 활용가능 분야로 토지이용분류 및 경지면적조사, 경지별 작물재배면적조사, 해당 작물별 작황조사, 수확량예측, 농업재해조사 및 관리, 통일농정을 대비를 위한 북한농업의 통계조사에 대한 활용을 제시하였다. 농업통계분야의 원격탐사기술 적용 타당성의 검토를 위해 기술적 타당성, 경제적 타당성, 실무적 타당성을 검토하였으며 각 측면에서 원격탐사기술의 농업통계분야 도입 타당성이 충분함을 검증하였다.

원격탐사기술의 농업통계분야 도입방향으로서 농업통계산출을 위한 위성영상 선정, 활용 가능 분야 및 분야별 우선순위, 활용가능 작목 및 작목별 우선순위를 제시하였다. 활용가능 분야 및 분야별 우선순위로서 경지면적통계를 1순위로, 재배면적통계를 2순위로 제시하였다. 활용가능 작목 및 작목별 우선순위는 벼 재배면적과 관련된 통계산출에 가장먼저 원격탐사기술을 적용하는 것이 바람직하다고 판단된다.

본 연구는 관련 연구가 전무한 상황에서 국내 농업통계분야에 원격탐사기술을 적용하기 위한 첫 단계의 연구로서 의의를 가진다. 향후 본 연구결과에서 제시된 원격탐사기술의 농업통계분야 도입방향을 토대로 미국의 PEDITOR, EU의 MCYFS (Mars Crop Yield Forecasting System)와 같은

선진각국의 원격탐사 통계생산시스템을 면밀히 해부하고 한국형 응용시스템을 국내에 도입하기 위한 후속연구가 지속적으로 추진되어야 한다.

참고문헌

강종호, 이남수. 2004. “위성영상을 이용한 김양식 시설량 추정과 활용방안.” 해양정책연구 19(20).

김충실, 박재화 등. 2004. 『주요 선진국 농작물 재보험제 검토를 위한 한국형 모델 연구』. 국회 농림해양수산위원회.

농림부. 2005. 『2005년 예산개요』.

엄정섭. 2004. 『디지털시대의 원격탐사』. 경북대학교 출판부.

農林水産省. 2003. 『高分解能衛星画像データ活用システム開発事業』.

石塚直樹. 2004. “水田面積の求積水田面積の求積.” 農林水産RSシンポジウム.

齋藤元也. 2002. “農業分野での衛星データ利用.” 平成14年度衛星RSデータ農林業WS.

Allen, J.D. 1990. “A Look at the Remote Sensing Applications Program of the National Agricultural Statistics Service.” *Journal of Official Statistics* 6(4): 393-409. Statistics Sweden.

Hanuschak, George A. and Rick Mueller. 2002. *Cost and Benefit Analysis of a Cropland Data Layer*. NASS research report,

Allen, J. Donald and George A. Hanuschak. 1988. *The Remote Sensing Applications Program of the National Agricultural Statistics Service: 1980-87*. SRB Staff Report Number

SRB-88-08. USDA.
Mueller, Rick and Martin Ozga. 2002. Creating a Cropland Data Layer for an Entire State. NASS research report.
Hale, Robert C., George A. Hanuschak and Michael E. Craig. 1999. "Appropriate Role of Remote Sensing in U.S. Agricultural Statistics." FAO Seminar on Remote Sensing for Agricultural Statistics.

Tsiligirides, T.A. 1998. "Remote Sensing as a Tool for Agricultural Statistics: A Case Study of Area Frame Sampling Methodology in Hellas." Computers and Electronics in Agriculture 20.

■ 원고 접수일 : 2006년 5월 2일
원고 심사일 : 2006년 6월 8일
심사 완료일 : 2006년 7월 20일