

위성정보의 농업관측 활용 타당성과 추진 전략

권오복 · 김재환

- 차례 -

1. 왜 위성정보인가?
2. 기술적으로 타당성이 있나?
3. 경제적으로 타당한 것인가?
4. 어떻게 추진할 것인가?

농업관측정보센터
한국농촌경제연구원

1. 왜 위성 정보인가?

1.1. 관측사업 개요

가. 사업목적

- 농업인들에게 재배의향면적, 작황, 소비, 수출입, 국내외 가격, 저장 등의 현황과 전망을 식부/출하 이전에 제공하여 영농계획 설계에 도움을 주고 가격과 소득안정에 기여(농수산물유통및가격안정에관한법률에 근거)
- 유통산업계에 수급정보를 제공하여 불확실성을 줄임으로써 경영안정을 조성하고, 유통마진 절감과 가격안정 유도
- 정부의 장단기 농산물 수급안정대책과 유통구조 개선대책 수립에 기여

나. 관측대상 품목

- 연도별: ('99) 9 → ('01) 24 → ('02) 26 → ('06) 27 → ('07) 28품목
 - 채소: 9개(배추,무,마늘,양파,파,고추,감자,당근,양배추)
 - 과일: 6개(사과, 배, 포도, 복숭아, 감귤, 단감)
 - 과채: 7개(수박, 참외, 오이, 딸기, 토마토, 호박, 풋고추)
 - 축산: 5개(한육우, 젓소, 돼지, 산란계, 육계)
 - 곡물: 1개(쌀)

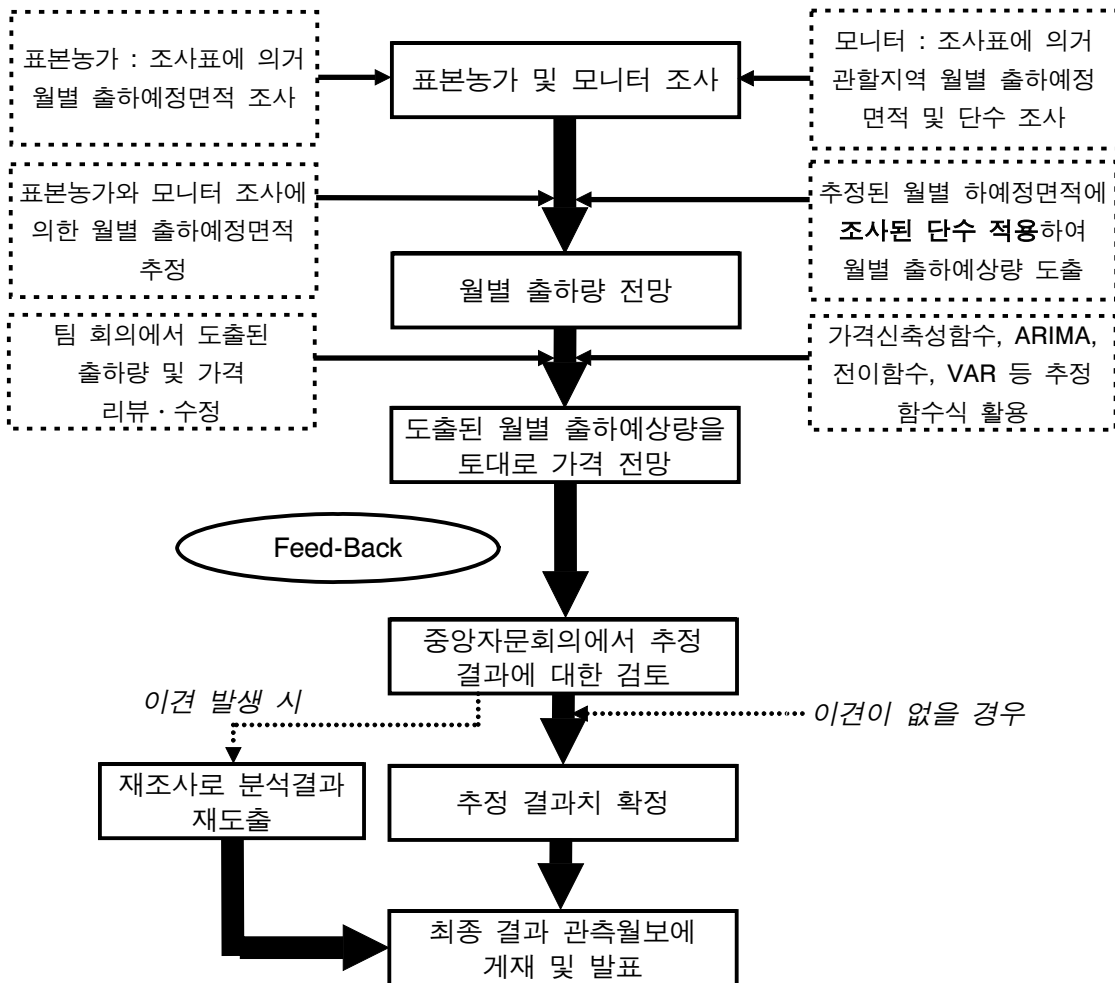
<관측품목 확대 로드맵(안)>

구분		2008년	2009년 이후
대상 품목	곡물	대두	보리
	채소		시금치
	과일		자두, 참다래
	과채		멜론, 상추, 파프리카, 가지
	축산		오리, 벌꿀, 사슴
	기타		느타리, 양송이, 장미, 국화, 인삼, 녹차
품목수		1	17

다. 주요 사업추진내용

- 단기관측: 1~3개월 후의 수급과 가격전망 등을 매월 발표
 - 채소류: 3~12월까지 매월 1일, 월 4만부 발간
 - 과일·과채류: 3~11월까지 매월 10일, 월 각 1만5천부 발간
 - 축산물: 매분기(2·5·8·11월) 25일, 분기 8만부
 - 곡류(쌀): 매분기(1·5·8·9·10·11월) 10일 분기 2만부 발간
- 주산지속보
 - 고랭지배추·무: 7~9월중 월 2회 조사, 총 6회 제공
 - 마늘·양파: 9~10월중 월 1회 조사, 총 2회 제공
 - 비정기: 태풍, 우박, 대설 등 발생시 속보 발표
- 중기관측: 「농업·농촌경제동향」 4회 발표(분기보)
- 장기관측: 농업전망 발표대회 개최(매년 1월 하순)

<관측절차>



1.2. 관측사업을 둘러싼 여건 변화

- 1996년부터 농업관측을 본격적으로 실시한 이래 관측품목수가 9개에서 28개 품목으로 확대되고 농업관측정보시스템을 이용해 관측을 실시하는 등 농업관측사업이 질적 양적으로 확대·발전하였음. 그러나 지금까지 농업관측은 유관기관에서 생산하는 통계자료와 자체적으로 생산하는 조사자료에 주로 의존하여 작황 및 재배현황을 정확하고 신속하게 파악하는데 한계를 나타냄.
- 최근 빈번해지는 기상재해와 주산지 이동은 객관적인 산지자료 확보의 필요성을 증대시키고 있으며, 농산물 교역 및 남북교류의 확대로 중국과 북한지역 등의 해외 산지자료의 중요성도 더욱 증대하고 있음.
- 2008년에 콩을 비롯, 관측품목이 지속적으로 늘어날 전망이다 가운데 비정규직 관련법이 개정되어 전화조사 등을 위한 인건비가 크게 상승할 전망
- IT기술과 인공위성 성능이 향상되어 위성정보에 대한 접근성과 활용도가 높아져 위성정보가 여러 산업에서 광범위하게 활용되고 있음.
 - 이미 국내에서도 산림청과 수산관측센터에서 외국의 상업위성자료를 활용하여 모니터링, 관측 등에 활용하고 있음.
 - 여러 가지 잠재적인 이점이 예상되는 인공위성을 활용한 농업관측의 도입타당성을 검토할 필요가 있음.

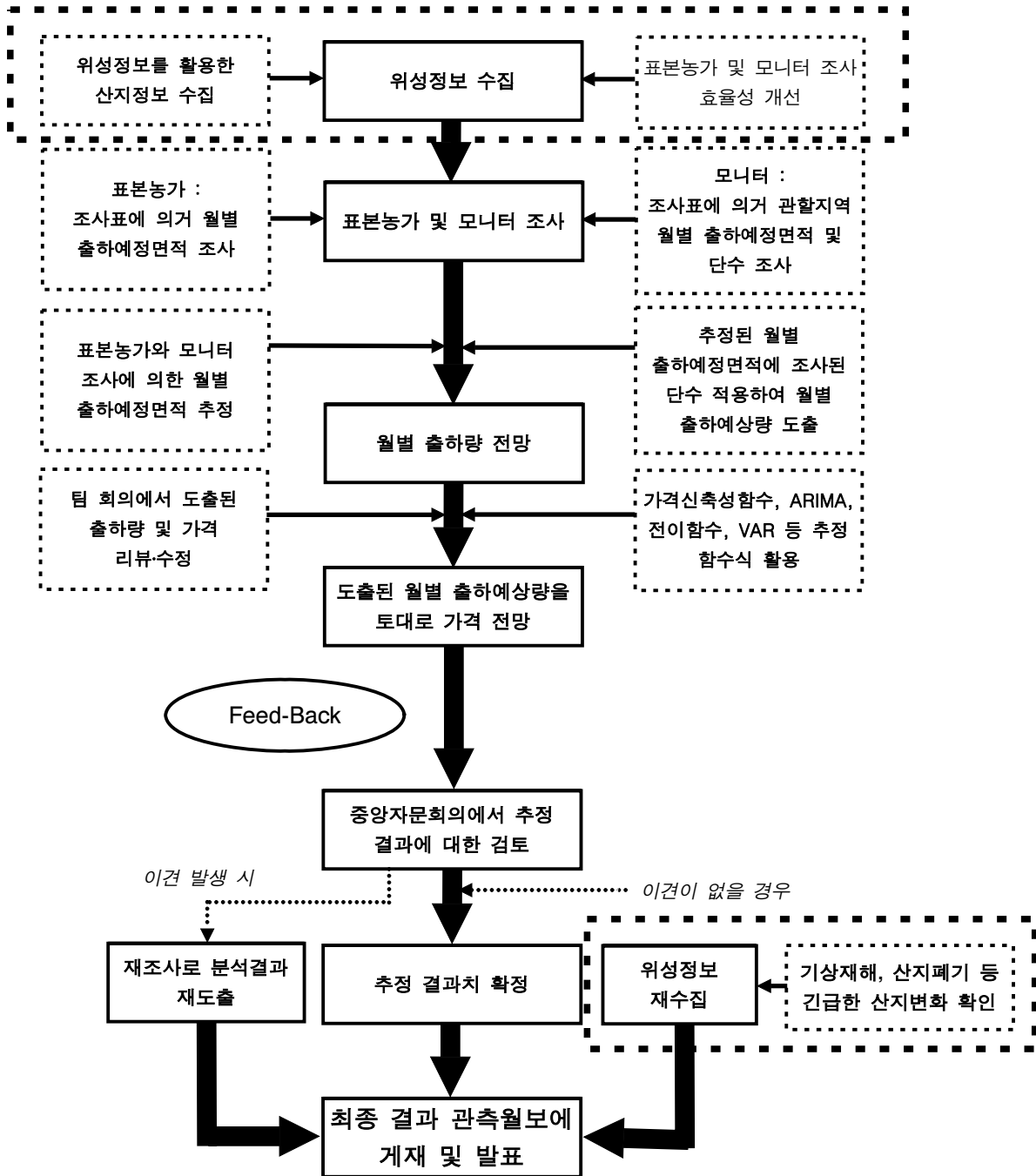
1.3. 위성정보를 이용한 관측업무의 예상 이점

- 원격탐사(remote sensing: RS)란 “대상에서 떨어진 곳에서 직접 접촉하지 않고, 하나 이상의 기록장치를 이용하여 대상의 특성을 측정해서 대상에 대한 데이터 또는 정보를 획득, 측정하는 데 이용되는 도구적인 기술”로 정의(Short, 2007)
 - 원격탐사체로는 인공위성, 항공기, 분광기 등이 있는데, 이중 인공위성 정보는 수백 킬로미터 떨어진 인공위성체에 부착된 센서로 대상으로부터 나오는 파장 등을 포착, 대상의 성질을 파악하는 데 이용됨.
 - 이 때문에 위성정보는 넓은 지역을 조사할 수 있어 자료취득 비용이 저

렵하고, 공간 면적, 거리 계산이 필요한 분야에 효과적으로 이용할 수 있으며, 지리적으로 접근이 곤란한 지역에 대한 정보 획득도 가능하며, 현지 조사에 비해 개인 오차가 적고, 조사대상 지역 전체에 걸쳐 오차의 파급이 비슷한 점 등의 장점이 있음.

- 원격탐사는 생물군계(biomes)는 물론 개별 식물체의 식별, 특성, 성장가능성 등을 평가하는 데 강력한 수단임이 인정되었음(Short, 2007).
 - 식물별 파장의 차이를 활용, 식물을 식별할 수 있을 뿐더러 강우량, 토양 상태 등에 관한 정보와 더불어 원격탐사를 통해 식물의 생산성도 추정할 수 있음.
 - 위성정보를 이용하여 생산량을 추정하기 위해서는 각 작물별 재배면적을 추정하고, 단수를 추정해야 되는데 단수는 포장조사와 위성정보를 병행 이용할 수 있음. 이때 토양 습도 등 부수적인 요인이 고려되기도 함. 일정한 조건하에서는 수분부족, 병충해 등으로 인한 작물의 스트레스 정도도 파악할 수 있음.
- 위성정보를 이용하여 관측을 하는 경우 재배면적(파종시기, 정식시기, 수확시기 등 주요 시기별)과 작황 또는 단수를 파악하여 필요한 시기에 추정 생산량을 도출하는 것임.
- 관측에 필요한 산지정보를 얻기 위해 농업통계, 표본농가 조사와 국내외 모니터 조사 등의 조사자료 그리고 기상자료를 활용하고 있음. 그러나 농업통계는 그 갱신주기가 대개 1년으로 신속성 측면에서 한계가 있고, 조사자료의 경우 정확성과 객관성에 한계가 있음.
- 위성기술을 활용한 산지정보는 산지정보의 정확성과 객관성을 높이고, 동시에 조사비용을 절감시킬 수 있을 것으로 예상됨.
- 특히 기상재해 또는 산지폐기 등과 같은 급변하는 산지현황 확인과 해외 산지정보 수집을 위한 수단으로 위성은 많은 장점을 지니고 있음.
- 교역확대로 인해 북한, 중국, 일본 등의 해외산지의 객관적인 정보수집 필요성이 증대되는 상황에서 해외산지 정보수집능력을 향상시켜 대응능력을 강화할 수 있음.

〈개선된 산지부문 농업관측업무 프로세스〉



2. 기술적으로 타당성이 있나?

- 위성정보를 활용한 관측사업의 기술적 타당성을 ①주요 외국의 활용 사례, ②국내 활용사례, ③재배면적 및 작황 분석 기술 수준 등을 통해 알아보고자 함.

2.1. 주요 외국의 활용 사례

- 미국, 캐나다, EU 등에서 위성정보를 농업통계 또는 관측 목적으로 활용

2.1.1. 미국 위성정보 활용사례

- 미국의 경우 농업통계 작성과 관련하여 인공위성기술을 이용, ①토지이용 조사, ②작물재배면적 조사, ③작황 조사, ④수확량 예측 분석 등에 활용
- 농무성(USDA) 산하 농업통계국(National Agricultural Statistics Service: NASS), 해외농업국(Foreign Agricultural Service: FAS), 세계농업관측위원회(World Agricultural Outlook Board: WAOB) 등에서 관측, 통계, 행정 등 광범위한 업무 영역에서 위성정보를 활용함.

가. 작물재배면적 추정

- 농업통계국은 법적으로 농업센서스 등 미국의 공식적인 농업통계를 관장하는 기구로서 1970년대 말부터 농업통계를 위한 전국 표본 설계를 위해 RS 데이터를 이용
 - 1972년 Landsat 위성이 발사된 이후 항공우주국(National Aeronautics and Space Administration: NASA)의 의뢰로 농업통계국 전문가가 농업통계목적으로 Landsat 자료의 활용방안에 대해 검토하기 시작하였고, 일리노이(Illinois)와 같은 일부 주에서 위성정보를 이용해 시험적으로 작물재배면적을 추정하다가 1977년 아이와(Iowa) 주에서 최초로 위성정보를 이용해서 작물재배면적을 공식적으로 추정(Allen, 1990)
 - 이어서 1979년 10월 1일부터 1985년 10월 1일까지 농무부, 항공우주국,

국가해양기상국(National Oceanic and Atmospheric Administration: NOAA), 내무부, 국제개발기구(Agency for International Development) 공동으로 항공원격탐사를 이용한 농업 및 자원재고(Agricultural and Resource Inventory through Aerospace Remote Sensing: AgRISTARS) 프로그램을 실시, 농무부가 필요한 정보의 종류를 파악하고, 농업자원을 관리하는 데 위성정보의 이용 가능성을 검토하였을 뿐만 아니라 농무부 업무에 위성정보를 활용하는 데 따른 유용성, 소요비용, 이용 범위 등을 검토

- 그러한 검토 결과를 바탕으로 미국 농무부가 위성정보를 작물재배면적 추정에 공식적으로 이용하기 시작하였음. Landsat을 이용한 추정 프로그램의 궁극적인 목적은 기존 조사방식보다 표준 오차를 줄이면서 적기에 작물 재배면적을 조사하는 데 있었음.
- 농업통계국은 위성정보를 ①토양피복에 기초한, 농업통계 작성을 위한 전국단위의 표본설계, ②작물 재배면적 추정 지표의 정확도를 높이기 위해 작물 재배면적 추계, ③토양피복자료를 주 내용으로 하는 공공목적의 GIS 데이터 생성 등에 활용

나. 작황 및 단수 예측

- NASS는 농산물의 단수를 파악하기 위해 ①주 단위 품목전문가들의 작황 보고, ②월 단위 표본 농가들의 단수조사, ③수확전 단수 관련 조사를 실시하고 NDVI지수를 보완적으로 이용(Hanushak, 1997)
- 작황을 파악하기 위해 2주단위로 NOAA위성에서 수집하는 고해상도방사계(Advance Very High Resolution Radiometer(AVHRR))의 식생지수를 확보하여 작황을 파악
- 작물 생육기간 중 단수는 주로 농가의 단수 보고와 포장 실사 결과를 가지고 과거 데이터를 활용, 추정(NOAA위성 자료에 의한 단수 추정은 기존 통계방식보다 정확치 않음)

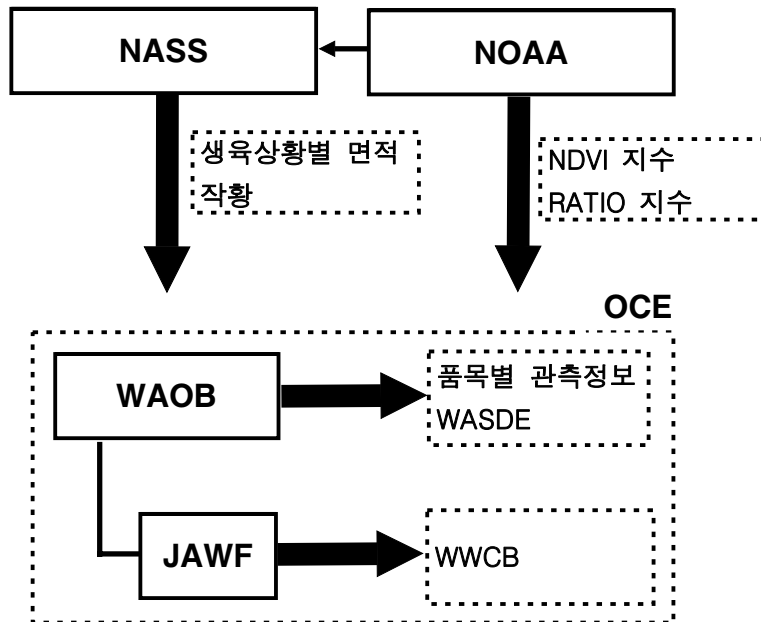
다. WAOB의 농업관측

- 농무성(USDA) 산하 수석경제연구실(Office of Chief Economist, 이하 OCE)내 위원회인 세계농업관측위원회(World Agricultural Outlook

Board:WAOB)는 장기농업전망, 품목관측을 실시하여 주기적으로 관측결과를 공표함.

- 세계농업관측위원회는 농업통계국(National Agricultural Statistics Service: NASS)에서 매주 조사되는 생육상황별 면적, 작황자료와 국가해양기상국(National Oceanic and Atmospheric Administration: NOAA)에서 2주 단위로 공개되는 식생지수를 이용하여 품목별 관측정보와 세계농산물수급추정(World Agricultural Supply and Demand Estimates: WASDE)을 생산함.

<농업관측을 위한 정보 수집·처리 절차>



- OCE는 품목담당자 외에 정보담당자와 RS담당자, 기상학자, 생태학자 등으로 구성됨. 이중 원격탐사담당(Remote Sensing Coordinator)은 위성으로부터 제공되는 RS관련자료의 협조업무를 담당하고, 그 외 정보담당자와 기상학자, 생태학자 등은 위성자료를 활용한 식생 및 기후변화 등에 대한 분석을 담당함.
- 상무성의 국가해양기상국, 기상청(National Weather Service)과 농무성의 농업통계국, 세계농업관측위원회의 협조로 세계농업관측위원회 산하기구인 연합농업기상대(Joint Agricultural Weather Facility: JAWF)는 농업기상 및 작황관련 정보를 농업관측목적으로 주단위로 제공함.
- JAWF가 매주 발행하는 기상작물주보(Weekly Weather & Crop

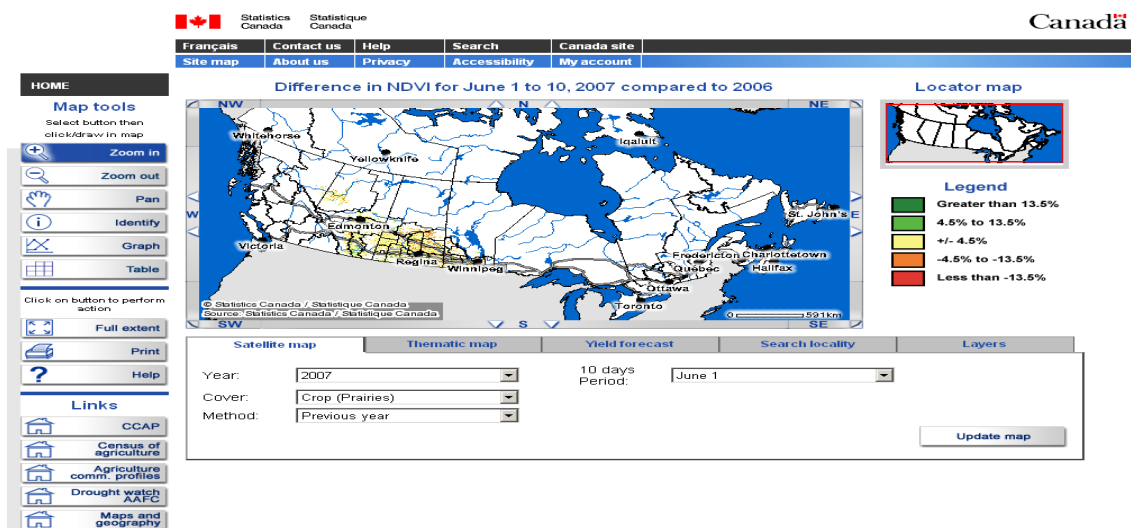
Bulletin: WWCB)에는 미국 전역과 전 세계의 가뭄, 온도, 습도, 곡물 생육단계별 면적 및 작황 정보를 제공함.

- 그 밖에 NASS와 플로리다 감귤부는 인공위성 정보를 활용하여 브라질 오렌지의 재배면적 및 작황을 파악, 생산량을 예측하여 세계 시장에서 효과적인 마케팅 전략을 구사

2.1.2. 캐나다 위성정보 활용사례

- 캐나다는 1987년부터 농업 및 농업식품부의 토지 및 수자원정보청(National Land and Water Information Service: NLWIS), 농업기상정보청(National Agrilclimate Information Service: NAIS), 캐나다 통계국의 협력으로 작물조건평가사업(Crop Condition Assessment Program: CCAP)을 실시하여 주요 곡물의 작황 파악
- 식생지수인 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)를 주요 곡물 재배지역을 대상으로 전년 대비 변화 수치를 제공하여 작물재배 작황 및 가뭄판단의 기초자료로 활용하고 이를 바탕으로 단수를 추정함.

<캐나다 CCAP(Corp Condition Assessment Program)의 Map Tool>



2.1.3. EU 사례

- EU는 원격탐사기술을 활용한 농업관측(Monitoring Agriculture with Remote Sensing : MARS)이란 사업을 실시하면서 위성정보를 이용하여

유럽대륙의 농업정보를 수집함.

- 수확량을 예측하기 위해 위성정보를 활용, 기상, 작황, 재배면적 추정 (MARS-STA)
- 위성사진을 이용한 토지정보 DB화(MARS-CAP)
- 식량원조 및 식량안보정책을 수립하기 위해 기상과 작황을 예측, 수확량 예측(MARS-FOOD)

<분야별 MARS 내용>

활동	세부내용
MARS-STAT	목적: RS 방법론과 기술을 활용, 농업통계 개선 내용: 작목별 경작면적 추정, 작물생육상태 모니터링, 단수 추정, 적기에 주요 작물의 생산량 추정 (저해상도 영상활용)
MARS-CAP	목적: 공동농업정책(CAP) 개혁 지원 내용: 위성사진을 활용한 작목 식별 (고해상도 영상활용)
MARS-FOOD	목적: 식량원조 및 식량안보정책 내용: 기상분석, 작황관측을 통해 수확량 예측

- 이 중 MARS-STAT는 ACTION 1단계에서 7단계까지 구분되는데 토지이용과 경지면적 변화 측정은 중해상도 위성(Landsat-TM)을 이용하고, 작황관측은 저해상도 위성 사진 활용
- 지역작물재고(Regional Crop Inventories)라고도 불리는 ACTION 1에서는 EU 회원국의 일정 지역을 표본 설계해서 고해상도인 Landsat과 SPOT XS를 이용, 당해년도 토지이용 현황 추정(Gallego, 1999)
- ACTION 2와 3을 통칭하는 MARS 작물수량예측시스템(Mars Crop Yield Forecasting System: MCYFS)에서는 기상관측 → 작황관측 → 원격탐사 → 수확량예측 절차로 수행됨.
 - 기상관측은 관측소의 기상정보를 활용함.
 - CGMS(Crop Growth Monitoring System)에서 산출된 작물지수 및 작황 시뮬레이션 결과를 이용하여 작물지수지도를 제작함으로써 작황관측

- 기상, 작황, 원격탐사결과를 이용한 방정식을 이용하여 수확량을 추정함.

<MARS-STAT 활동단계별 위성정보 활용>

활동	활용위성정보	세부내용
Action 1	Landsat-TM, SPOT-XS 고해상도 영상	토지이용현황 조사
Action 2	NOAA AVHRR, SPOT-VGT센서 저해상도 정보(NDVI지수와 표면온도)	작황관독 및 수확량 예측
Action 3		
Action 4	Landsat-TM, Spot-XS 고해상도 영상 (60개 관측표본지역, 40km×40km)	경작면적 변화 측정
Action 5	-	농업정보시스템
Action 6	-	현장조사를 위한 표본설계
Action 7	-	장기연구

- ACTION 4인 급격한 토지변화 추정(Rapid Area Changing Estimates)의 목적은 잠재적인 단수는 물론 연도별 경작면적 변화에 대한 정보를 조기에 파악, 제공하는 데 있음.

- 40km×40km크기의 표본 60개를 설정, SPOT 영상으로 작물의 경작 면적 추정 (대상 농산물은 일반밀, 드럼밀, 보리, 벼, 옥수수, 완두콩, 유채, 해바라기, 사탕수수, 토마토 등임).

그림 1. 60개 표본지역



2.1.4. 중국

- 중국은 1979년부터 원격탐사에 의한 농작물 생산량 예측에 대해 관심을 가지고 '6.5계획(1981~85년)'의 시작부터 농작물 원격탐사 생산량 예측에

관한 연구를 전개하였고, 시험적으로 시범지역을 대상으로 생산량 추정 (吳炳方, 2000)

- 북경 근교의 소맥, 절강성 항가호지역의 벼 및 북방 6개성의 소맥에 대해 원격탐사 생산량 예측을 하기 시작
- 중국 국가기상국은 1984년부터 북방의 11개 성시에서 겨울 소맥에 대한 기상위성 원격탐지 생산량 예측 기술을 연구하기 시작, 전국적인 겨울 소맥 원격탐지 생산량 예측을 위한 지면관측시스템을 구축하였음
- 기상위성을 통한 동계 소맥 생육상황 관측에 관한 연구를 전개, 다양한 유형의 기상위성 원격탐지를 통한 면적과 생산량 예측 방법을 고안
 - 원격탐사 생산량 예측은 '8.5계획(1991~95년)'기간의 중국 주요 과학기술 연구내용이 되었고 소맥, 옥수수, 벼 등 대면적 농작물에 대한 생산량 추계 시험을 전개
 - 1993~96년 4개 성과 2개 시(하북성, 산둥성, 하남성, 안휘성 북부와 북경시, 천진시)의 동계 소맥, 호북성, 강소성, 상해시의 수도, 길림성의 옥수수의 재배면적, 생육상황, 생산량에 대한 관측 전개
- 지난 15년간(1983~1998년) 중국은 원격탐사를 이용한 생산량 예측 대상 품목에 동계 소맥뿐만 아니라 벼, 옥수수 등 여러 농작물로 확대하고 대상 지역도 11개 성시로 확대
 - 재배면적 추정에는 Landsat TM를, 생육상황은 무료로 가까운 NOAA위성의 AVHRR센서 자료를 주로 이용

2.2. 국내 활용 사례

- 국내에서는 농촌진흥청, 농산물품질관리원, 산림청, 한국해양수산개발원 등에서 경지 및 작물 현황, 자원 관리, 수산관측을 위해 위성정보를 활용하거나 활용할 계획

가. 농촌진흥청 위성관련 사업

- 농촌진흥청은 10여 년간 농업토양정보시스템과 농업환경지도작성연구를 수행하면서 위성 및 항공자료를 활용한 원격탐사기술을 축적

○ 재배면적 및 작황 관측 기술보유현황

- 논과 과수원의 구별은 가능하지만 혼작상태에서 세부 작물에 대한 구별 기술은 개발중임.
- 엽록소, 질소함유(화학적인 방법), 엽면적지수 등의 다양한 방법으로 작황을 확인할 수 있으나 절대적이지는 못하며, 동시에 재배방식 및 위성자료의 특성에 따라서도 많은 차이를 나타냄.
- 재배면적과 작황확인을 위해서는 위성정보 외에 재배력과 재배지에 대한 기초정보 그리고 보조적인 정보로서 현장조사 및 각종 센서결과 확보가 필요함.

□ 농업환경지도 작성연구 사업

- 농촌진흥청은 위성정보 관련사업으로 2007년부터 2011년까지 “농업환경지도 작성연구” 사업을 추진하고 있음.
- 사업의 목적은 농경지변화를 측정하는 것으로 통계치를 통해 CO₂(온실가스 배출량) 산출에 응용하고, 2007년 중에 군 단위 작목판독기술을 보유하는 것에 두고 있음.
- 1차 년도에는 강원도 고랭지배추를 대상으로 하는 평창군 지역 검토 중
- 1개면 단위의 위성자료 판독기술은 이미 확보하고 있는데, “농업환경지도 작성연구” 사업을 통해 2007년 중 군단위 판독기술을 확보하는 것이 목표임. 2008년 이후 군 이상 도 단위 판독기술 확보를 목표로 함.

나. 농산물 품질관리원의 위성관련 사업

- 농산물품질관리원은 위성정보를 활용하여 작물의 재배면적과 생산량 통계를 생산하기 위해 관련 연구를 외부 위탁을 시행중에 있음.
- 2005년도에 ‘항공우수기술의 농림분야 활용방안 연구’에 이어 2007년에도 ‘농업통계조사에 원격탐사 기술을 활용하는 방안 연구’를 추진중이고 2008년도에도 원격탐사기술을 이용한 농업통계생산·보급체계 구축 예산신청

다. 임업부문 위성관련 사업

- 산림청은 산림지리정보시스템을 구축하여 산림경영계획수립, 재산관리, 산림보호, 산림재난 예방 등 산림행정업무에 활용
- 산림과학원에서는 산림자원 확인과 연구를 위해 각종 위성자료(항공자료) DB구축과 연구를 실시함. 대표적인 임업부문 연구사례로는 “항공사진검색시스템(31.9억, 2004년~06년)”, “제주시험림 정밀산림자원조사”, “다시기 고해상도 위성영상을 이용한 임상구분 -제주난대림 중심” 등이 있음.

라. 수산관측센터의 수산관측 사례

- 수산관측센터는 김, 양식어업 등 4개 품목군의 관측을 위해 formosat-II(대만)위성자료를 구매하여 면허대장(양식장) DB와 비교분석하여 관측 실시

□ 사업 개요

- 해양수산부 산하 한국해양수산개발연구원은 2004년 1월 수산관측을 시작하면서 위성정보를 활용한 관측사업을 시작하였음.
 - 어업생산통계가 통계청에서 해양수산부로 이관되면서 해양수산부에서 위성을 활용한 관측 및 재배면적 통계산출을 요구함에 따라 사업이 실시됨.
 - 육지가 아닌 해상에서의 관측이므로 위성사용은 불가피하였고, 당시 기존 해수부 연안관리과에서 위성자료를 공급하던 BNT solution을 추천하여 업체를 선정함
- 위성정보사업 도입초기에는 단순 위성사진 판독업무로 업체가 판단하여 많은 시행착오를 거쳤으나, 업무프로세서가 안정되면서 품목담당자와의 품목정보 교류가 활발히 이루어짐. 현재는 위성정보 분석업체의 노하우가 충분히 축적되어 양식면적을 안정적으로 산출하고 있음.

□ 운영현황

- 2007년 현재 활용위성은 Formosat-II(대만; 창우통상)으로 2m × 2m로서 양식설비를 추정할 수 있는 최소한의 해상도를 제공함. 초기 IKonos(1m ×

1m)나 SPOT-5(2.5m × 2.5m) 등의 위성을 활용하였으나 위성사진 확보 우선순위와 경제성문제 등으로 인해 Formosat-II(대만)로 대체

- 현재 1m × 1m 해상도의 아리랑 2호(대한민국 국정원 지구관측센터)를 이용할 계획임.

- 위성정보를 활용, 김, 어류(가두리), 전복에 대해 관측을 실시하며, 연간 위성사진 구매비용으로 3~4억원 지출 (판독비용까지 합하면 총비용은 5~6억원 수준)

마. 국내외 사례의 시사점

- 미국, 캐나다, 유럽의 활용 사례는 고해상도 영상을 이용한 재배면적 산출과 저해상도 영상을 통한 작황파악 등으로 요약되는 데 우리나라에도 그대로 적용할 수 있을 것으로 기대됨.

- 특히 유럽의 MARS 프로젝트에서 MARS-STAT의 Action 4의 재배면적 변화 상황을 신속하게 파악하기 위해 유럽전역에 60개 지역을 대상으로 표본 설계한 점은 고해상도 영상이 필요한 우리나라에도 적용 가능성이 크다고 판단됨.

- 현재 기술수준은 완전한 혼작상황에서 품목단위 작물판독과 전국지역에 대한 전수 재배면적 판독은 불가능하지만 주산지 위주로 재배면적을 조사하고, 저해상도 위성사진으로 작황을 파악하면 위성정보를 관측업무에 활용할 수 있음.

- 작황판독을 위한 영상 및 센서자료(여러 가지 식생지수(NDVI, GNDVI, 엽면적지수 등), 산란계수 등)는 정보를 공급할 수 있는 위성과 지상용 센서를 확보할 수 있으며 실제 작황과의 상관성에 대한 연구는 진행중이므로 실제 적용에 큰 문제는 없을 것으로 판단됨.

- 미국의 경우 위성영상의 수집·판독은 농업통계국에서 실시하고, 세계농업관측위원회에서 활용함. 또한 위성영상도 우주항공국 등의 국가기관에서 공급하는 경우도 있으나 IKonos와 같은 상업위성에서 공급하는 경우도 있는 등 기관별 업무의 분담과 각 기관 및 업체간의 유기적인 협력체제를 구축, 운영하는 점은 우리도 참고해야 할 사항임.

<농림·해양부문 유관기관 위성정보 활용 현황>

기관명	사업(시스템)명	용도	활용정보			추진현황	
			정보취득	해상도	개신주기		
농림부 농림부 농림부 농림부 농림부 농림부 농림부 농림부 농림부 농림부	한국농촌경제연구원 농업관측정보센터	농업관측사업(예정)	농업관측용 제배면적, 작황정보 수집	Quickbird 능동형 센서	0.6m	수시 (1달)	'07 타당성연구 '08 시범사업
	농촌진흥청 농업과학기술원	농업환경지도작성연구 -경지및작물정보시스템	경지 및 작물현황 정밀농업지도 작성	Quickbird	0.6m	5년	'07 본사업
	농림부 농지과	농업토양정보시스템	전국토양정보 DB화 서비스 제공	항공	-	완료	서비스 중
	농산물품질관리원	원격탐사 기술의 농업·통계분야 활용체계 구축	농지이용현황 및 불법전용 농지 확인 제배면적 통계 작성	아리랑 2 ¹⁾	1m	1년	'07 시범사업
	산림청	산림지리정보시스템	산림자원현황 DB화 및 산림행정지원 산불관리	항공	10m	10년	서비스 중
	해양수산개발연구원 수산업관측센터	수산업관측사업 (김, 전복, 양식가두리)	수산업관측용 제배면적정보 수집	Formosat-2	2m	1년	'04 본사업
	한국해양연구원 해양위성센터	해양위성연구단	해양기상위성 자료 관리 및 배포	해양기상위성	500m	1일	'07 센터개소 '08 발사예정
	국립해양조사원	종합해양정보시스템	정밀 해양지리정보 구축 대 국민 및 해양산업부문 정보서비스	위성·항공·선박	-	수시	'09 원료예정
	해양수산부	갯벌정보시스템	갯벌 지리정보 제공 및 가치확산	위성항공	-	1회	서비스 중

주 1. 아리랑 2호는 2007. 6 현재 정상 운용이 어려운 상황임.

2.3. 기술적 타당성 종합

- 위성정보를 활용한 농작물의 재배면적과 작황판독은 이미 가능한 수준이나 실제 관측업무에 적용하기 위해서는 후속 응용연구가 필요
- 작황판독은 NDVI지수로 대표되는 식생지수를 활용함. NDVI지수 외에 GNDVI지수를 활용한 작황판단, SAR위성의 산란계수를 활용한 작황판단, 피해면적 산출 등 다양한 방식이 제시됨.
 - 작물 단수는 식생지수 이외에도 작물별 특성과 재배환경에도 영향을 받기 때문에 NDVI지수 등의 식생지수만 가지고 단수를 파악하는 것은 충분하지 않으므로 소규모 샘플지역을 활용하는 운용상의 보완이 필요하고, 품목담당자가 지속적으로 식생지수와 단수와의 상관관계를 검토, 지식을 축적해 나가야 함.

가. 재배면적 판독 가능성

- 위성사진을 판독하여 재배면적을 파악하는 한다는 것은 두 가지를 의미할 지님. 첫 번째는 단일작물 재배지에 대해 재배면적을 확인하는 것이고, 두 번째는 혼작상태에서 두 개 이상의 작물을 판별하여 각각의 재배면적을 판독하는 것임.
- 현 기술 하에서는 논과 밭을 구분하는 작물판독은 가능하나 밭작물간의 판독은 초보적인 수준에 머무름. 특히 생장이 활발한 시기에는 작물간 판독이 거의 불가능에 가까움. 따라서 동일 작물의 집중도가 높은 주산지를 대상으로 현장조사를 병행하는 방식으로 재배면적을 판독하는 방식을 적용할 수 있을 것임.
 - 동일 패턴에 대한 자동화된 면적 추출을 통해 재배면적 산출을 실시함(미국 오렌지 재배면적 산출의 예).
- 재배면적 산출을 위한 표준샘플 지역에 대한 촬영은 촬영영상을 쉽게 획득할 수 있는 KOMSAT-2, 대만 FORMOSAT-2 등을 우선적으로 활용하며, 보조적으로 해상도가 0.6m로 정밀한 QuickBird 활용방식으로 진행
- Kawashima 외(1998)는 Landsat TM 데이터를 활용하여 북한에 홍수로 인한 논 재배 면적을 추정한 바 있음.

나. 작황 판독 가능성

□ 작황판독 기법의 기술적 타당성

- Kogan 외(2005) 연구에서는 중국의 길림성 옥수수(1982-2001)를 대상으로 한발로 인한 농산물의 조기 경고를 위해 AVHRR 식물건강지수를 옥수수 단수 지표로 간주, 연구를 수행하였는 바, 지수와 단수간 강한 상관관계가 존재함을 발견
- Ferencz (2004)외는 헝가리에서 위성정보를 이용하여 작물의 단수를 추정하기 위해 일반적단수통일참고지수(General Yield Unified Reference Index: GYURI)를 개발하여 포장단위의 단수와 군 단위 단수통계간 관계를 규명한 결과 80% 내외의 상관관계 발견
- 이밖에도 Lewis 외 (1998), Labus 외(2002), Boken 외(2002), Wannebo 외 (2003) 등 많은 연구에서 식생지수와 단수간의 유의적인 관계가 있음을 밝히고 있음.
- 작황을 판독하는 기법으로는 광학센서를 이용한 식생지수와 SAR을 이용한 산란계수 등이 있음.
 - 식생지수는 토지 수분지수, 활력도 생육지수, 엽면적지수, 엽록소함량 등 20여 가지가 있는데, 최근 NDVI지수와 GNDVI지수 등이 효과적인 작황판독기술로 연구되고 있음(예: GNDVI를 이용한 벼 군락 엽 질소함량 추정 (2007 춘계 대한원격탐사학회).

※ 식생지수를 활용한 미곡(쌀)사례

이삭거름처리전 7월 11일 전후로 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index), GNDVI(Green Normalized Difference Vegetation Index)를 활용하여 엽질소함량을 확인함으로써 수확기의 최종 작황을 전망할 수 있음.

- SAR을 이용한 산란계수는 구름 및 기상의 영향을 받지 않는 상태에서 작황상태를 확인할 수 있음.(예: Polarimetric Scatterometer 시스템을 이용한 벼 군락의 후방산란계수 측정(2007 춘계 대한원격탐사학회))
- 이 외에 고해상도 영상내에서 작목의 크기와 밀집도를 확인함으로써 작황상태를 확인하는 방법이 있음.

다. 국적 위성체 활용 전망

- 국가우주계획에 의하면 2010년까지 총 5기의 위성체를 발사할 계획에 있어 향후 위성정보를 저렴하고 용이하게 활용할 수 있는 길이 열릴 것으로 기대함.

※ 국가우주계획에 따른 주요 위성체 및 센서 발사계획

- 고해상도 광학기술 (고정밀 관측) : 1호→2호→3호→6호
- SAR 기술 (전천후 관측) : 5호→7호
- IR 기술 등 (광역 관측) : 3A호

명 칭	추진 계획														
	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
전자광학관측				1호						2호				3호	6호 착수
SAR 관측													5호		7호 착수
광역관측											3A 착수				

주) 광역관측위성 3A호(IR탑재)는 개발계획이 확정될 경우 사업계획을 수립 후 착수
- 상기 위성체 발사 외 해양기상위성(정지위성) 발사가 '08년에 예정됨.

- 현재 유상으로 구매하는 고해상도 영상은 KOMSAT-2 이후 국적 위성정보를 대체가 가능할 것으로 예상됨. 특히 이후 계속 발사예정인 통신해양기상위성(COMS, 정지위성)은 한반도를 500m 해상도로 매일 수차례 촬영함으로써 작황판독에 도움이 될 것으로 기대되며, '08년 발사예정인 SAR위성인 KOMSAT-5는 어떠한 기상상황에서도 작황 및 재배면적 판독이 가능할 것으로 보여 위성정보 취득의 다양성과 경제성을 모두 확보할 것으로 기대
- 따라서 현재 위성정보 취득 비용은 '08년 이후 지속적으로 인하되거나 무상 또는 실비수준으로 취득이 가능할 것으로 보이며, KOMSAT-3는 KOMSAT-2에 이어 최대해상도 1m 이상의 고해상도 영상을 제공할 예정이어서 지속적으로 농업관측에 활용할 수 있는 위성정보 확보에는 어려움이 없을 것으로 기대됨.
 - 장기적으로 농업관측·통계와 농지 모니터링 목적의 농업위성 확보나 농업용 센서 추가도 필요할 것으로 보임.

<위성사진 운용현황 및 개발 계획>

단위: 천원

현황	위성내역					
	국적	명칭	용도/활용사례	최대 해상도	가격	
현재	미국	NOAA	기상 및 작황판독 NASS NDVI지수 곡물 작황판독	1km	무상	
	미국	모디스	기상 및 작황판독	250m	무상	
	미국	IKonos	브라질오렌지 재배면적, 작황판독	1m	6	
	미국	QuickBird	재배면적 판독	0.6m	82	
	한국	KOMSAT-1	참고자료용	10m	무상	
	프랑스	SPOT-5	수산물관측	2.5m	4	
	대만	FORMOSAT-2	수산물관측	2m	10	
예정	미국	RADARSAT	전천후 관측	SAR 8m	3	
	'07	한국	KOMSAT-2	재배면적 판독	1m	무상
	'08	한국	통신해양기상위성	기상 및 작황판독	500m	무상
	'08	한국	KOMSAT-5	전천후 관측 재배면적 및 작황판독	SAR m급	무상
	'09	한국	KOMSAT 3	재배면적 판독	고해상	무상

주 1) 위성영상가격은 1m ×1m 촬영당 단가이며, 해상도에 따라 1회 촬영당 면적은 달라짐. 각 위성의 촬영당 영상폭은 Formosat 2(25km×25km), SPOT 5(60km×60km), IKonos(11km ×11km) 임.
 2) IKonos는 신규촬영을 실시하지 않음.

3. 경제적으로 타당한 것인가?

- 위성정보를 관측사업에 활용하는 데 있어서 경제적 타당성은 기존 방식보다 같거나 적은 비용을 수반하면서 더 높은 정확도를 유지할 수 있는 나에 달려 있음(Carfagna, 2001).
- 위성사진의 구매, 분석, 가공 등에 소요되는 비용 측면과, 위성 정보를 도입함으로써 절감할 수 있는 인건비를 상호 비교할 수 있음.
- 계량화하기는 어렵지만, 관측정보의 정확도 제고와 북한, 중국 등 해외 산지 정보 수집은 간접적인 효과로서 감안되어야 함.

3.1. 품목당 위성정보 수집 · 분석비용

가. 재배면적 산출용 영상 구매 및 판독비용

- 한국과 같은 재배환경에서는 재배면적 산출을 위해 사전에 선정된 주산지에 대한 표본설계를 기초로 고해상도 위성영상을 구매 · 판독하는 방식이 적절함.
 - 고해상도 영상을 확보할수록 정확한 재배면적 산출이 가능하나 이는 비용의 증가를 수반함. 따라서 적절한 수준의 해상도와 촬영횟수를 설계한 비용계획을 수립해야 함.
- 위성정보는 이미 축적되어 무상으로 이용할 수 있는 IKonos(한국항공우주연구원), KOMSAT 1, 2호(국가정보원 지구관측센터)의 기 촬영된 위성정보를 최대한 활용하고 추가로 필요한 경우 표본설계를 통해 샘플지역에 대한 고해상도 위성영상을 촬영 · 구매함.
 - 재배면적 판독용으로 QuickBird급(최대 해상도 0.6m급) 위성정보를 구매하고, 비슷한 수준의 KOMSAT-2(최대 해상도 1m급), IKonos(최대 해상도 1m급) 위성정보를 차선택으로 고려
- 2개 정도의 주산지(예: 고랭지 배추(평창군) 또는 감귤(제주도) 등)의 경우 샘플지역을 전체 면적의 5% 수준으로 선정할 경우 위성영상 구매비는 약 6,600만원이 소요될 것으로 예상됨.
 - 위성영상 구매비는 평창군 넓이 1,994km² 지역 2배를 전체면적으로 하고 이 면적의 5%(표본설계수준)를 4회(정식, 주생장기, 출하기, 주요기상시점)촬영하는 것을 가정하여 산정함. 현재 QuickBird 영상 단가는 기 촬영된 영상인 경우 55,000원이며, 촬영을 요청할 경우 82,500원임. 단 단가는 해상도 0.6m급, 영상면적 1km × 1km 기준임.
 - 품목확대로 인한 중복지역을 고려할 경우 비용은 더 낮아질 것으로 판단되며, 작물에 따라 1m급 해상도로도 판독이 가능할 경우 KOMSAT-2를 이용하면 영상구매비용은 무료이거나 실비수준임.

<주요 고해상도 영상별 비용>

단위: 천원

현황	활용 및 영상당 비용			가격
	국적	위성명	농업관측 활용(사례)	
현재	미국	IKonos (1m급)	재배면적 산출	6
	미국	QuickBird (0.6m급)	미국 플로리다 오렌지 식수면적 추정 브라질 오렌지 재배면적 및 작황 추정	82
	프랑스	SPOT-5 (2.5m급)	한국 수산양식 시설면적 추정	4
	대만	FORMOSAT-2 (2m급)	한국 수산양식 시설면적 추정	10
예 정	'07	한국 KOMSAT-2 (1m급)	한국 수산양식 시설면적 추정 재배면적 산출	무상 /0.7
	'09	한국 KOMSAT-3 (미정)	재배면적 산출	무상 /실비

주 1) 위성영상가격은 1km × 1km 촬영당 단가이며, 해상도에 따라 1회 촬영당 면적은 달라짐. 각 위성의 촬영당 영상폭은 Formosat-2(25km×25km), SPOT-5(60km×60km), IKonos(11km × 11km), KOMSAT-2(24km × 24km), QuickBird-2(16km × 16km) 임.

2) IKonos는 신규촬영을 실시하지 않음.

3) KOMSAT-2(24km × 24km)의 경우 공공기관 또는 지방자치단체의 경우 한국항공우주연구원 위성운영센터 를 통해 장당 40만원 정도에 실비제공 예정임. 단, 중앙정부기관의 경우 무상으로 국가정보원 지구관측센터에서 제공함.

- 수산관측사례를 기준으로 현지조사비용 및 분석비용을 책정하면 통상 위성영상구매투입비의 100%정도 수준임. 따라서 총 비용은 품목당 1억 3천만원임. 즉 1 품목당 1억 원 정도의 비용을 예상할 수 있음.
- 주요시기별 촬영 대상은 다음과 같음.

<위성정보를 활용한 재배면적 판독내역>

시기	필요정보	관측정보 반응여부 확인
정식기	정식면적, 대체작물 여부, 휴경여부 변경면적(시설화·도시화 변경)	-
주생육기	-	산지폐기여부
수확기	수확면적, 대체작물 여부	산지폐기여부
기상재해	재해면적	사전출하여부

나. 작황 산출용 영상 구매 및 판독 비용

- 현재 기술 수준에서 작황 판독을 위해서는 식생지수를 활용하는 것이 가장 경제적이고 기술적으로 실현가능한 방안임.
 - 식생지수 산출은 다양한 밴드를 제공하는 저해상도 영상을 통해 산출하게 됨. 저해상도 영상은 기상관측, 식생변화 및 작황판독(식생지수) 등에 활용됨. 현재까지 가장 일반적으로 농업에서 활용되는 식생지수는 NDVI지수임.
- 대표적인 저해상도 위성으로는 NOAA, TERRA위성이 있으며, '08년 발사 예정인 국적위성인 통신해양기상위성 COMS를 활용할 수 있음.

<주요 저해상도 영상별 비용>

단위: 천원

현황	활용 및 영상당 비용			
	국적	위성명	탑재 센서(공간해상도/분광해상도)	가격
현재	미국	NOAA (1km급)	AVHRR (1km / 5)	무상
	미국	TERRA (250m급)	MODIS (250m / 36)	무상
예 정	'08 한국	COMS	GOCI (500m / 8)	무상
	한국	(통신해양기상위성)		

주 1) COMS는 '08년 발사예정이며, 해양위성센터를 통해 자료를 공개할 예정임.

- NDVI 등의 식생지수를 산출할 수 있는 저해상도 위성영상은 최소한 주 단위로 한반도 전역이 촬영되어 공개되며, 유관기관을 통해 거의 무상에 가까운 수준으로 영상을 확보할 수 있음.
- COMS위성은 정지 저해상도 위성으로 일일 수차례 촬영이 가능하고 이를 이용한 식생지수 산출과 분석 자동화를 통해 일 단위 식생변화를 산출할 수 있을 것으로 기대됨.
- 다만, 지수와 작황관의 관계를 규명하기 위해 현지조사를 실시하는 경우 대당 1억 원 정도인 능동형광학센서의 구매 또는 대여가 필요함.

3.2. 전화조사방식과 위성조사방식간의 비용추이

가. 현 전화조사방식 유지 시 비용추이

- 표본농가와 모니터 등을 대상으로 산지정보를 수집하기 위한 기존 자료 수집 방식(전화조사방식)은 높은 고정비용과 인건비를 요구하며, 지속적인 인상이 불가피함.
 - 전화조사원 인건비는 정부의 비정규직 관련 법 제정에 따라 외부 전문업체 위탁이 불가피한 실정임. 현재 조사 단가는 질문지 1건당 1,350원이며, 외부 전문업체 위탁시 조사 단가는 3,500원 수준임.
- 2007년도 기준 전화조사비용은 표본농가·모니터 사례금, 전화조사원 인건비, 해외조사비 등을 포함해 644,597천원 수준이며, 품목수 증가 없이 물가상승률(5%)과 비용인상요인을 반영할 경우 2013년에는 57% 상승한 약 12억 원에 이를 전망이다.
 - 현 전망품목 28개 품목 중 위성정보 사용이 가능한 채소, 과일 등 노지작물 16개 품목의 전화조사비용은 연간 6억 7,000만원이고, 품목당 4,200만원으로 증가할 것으로 전망됨.

<전화조사방식 비용 예시>

단위: 천원

	'07	'13년		
	28개 품목 연간예산	28개 품목 연간예산	증가율	16개 노지품목 연간예산
표본농가 사례금	343,250	437,987	27.6%	250,278
모니터 사례금	122,000	155,672	27.6%	88,955
전화조사원 인건비	108,320	358,338	330.8%	204,765
해외정보 조사비	179,340	228,837	27.6%	130,764
합계	752,910	1,180,834	56.8%	674,762

나. 위성조사방식 비용추이

- 기존 조사방식에 비해 위성정보를 이용하는 경우 자료의 정확도와 시의성이 높아질 것이며, 비용도 정부의 『우주개발중장기기본계획』에 따라 지속적으로 하락할 것임. 특히 작황판독을 위한 저해상도 위성영상

(AVHRR, MODIS 영상)은 지금도 기상청 등과의 협조를 통하거나 공개 자료를 확보하여 무상에 근접한 수준으로 활용 가능함.

- 2007년도 기준 QuickBird의 고해상도 영상 구매비용은 품목당 65,802천 원임. 그 외에는 수산관측사례를 고려하여 현장조사 및 관측비용을 추산할 경우 노지 16개 품목에 대한 관측을 위해 위성조사방식의 연간예산은 약 12억 5천만 원이 필요할 것으로 추정됨.
 - 현장조사 및 관측비용은 지역 중복성 및 표본설계에 따른 샘플지역의 개수가 큰 영향을 미침. 참고로 수산관측은 '06년 기준 연간 1,700회(170개 수산계, 1,700개 어장(김 960개, 전복 300개, 어류 400개, 연 1회 전수조사))의 현장조사와 관측에 약 2억 원을 지출함.
 - 노지 16개 품목을 대상으로 품목당 100개 내외의 샘플지역을 운용할 경우 수산관측과 비슷한 수준인 2억 원의 비용이 예상됨.
- 2013년도 기준 KOMSAT-2, KOMSAT-3, COMS 등의 국적위성 활용이 가능한 것을 전제로 위성영상 구매비용은 획기적으로 절감됨. 국적위성 활용의 경우 위성영상 취득실비와 현장조사 비용만을 고려하여 16개 품목에 대해 연간 약 2억 6500만원이 소요됨.
 - 2009년 전후부터 국적위성인 KOMSAT-2, COMS(통신해양기상위성)을 활용이 안정될 경우 위성정보 취득을 위한 비용은 절감할 수 있음.

<위성조사방식 비용추이(노지 16개 품목기준)>

단위: 천원, %

		'07 (QuickBird위성)	'13 (국적위성)	
		연간위성 조사비용	연간위성 조사비용	증가율
위성영상	고해상도	1,052,832	10,528	-99%
취득비용	저해상도	0	0	0%
현장조사 및 관측비용		200,000	255,200	27.6%
합계		1,252,832	265,728	-78.7%

- 주 1) KOMSAT-2(24km ×24km)의 경우 공공기관 또는 지방자치단체의 경우 한국항공우주연구원 위성운영센터를 통해 장당 40만원 정도에 실비제공 예정임. 단, 중앙정부기관의 경우 무상으로 국가정보원 지구관측센터에서 제공함. 공공기관에 해당할 경우 07년 현재 QuickBird 비용의 1/100이하의 수준(24km×24km 장당 40만원 수준)임.
- 2) 국적위성 위성구매는 1) 국정원 영상정보협의체를 통한 실비구매 2) 항공우주연구원을 통한 영상정보협의체외 기관의 실비 구매 3) KAI이미지를 통한 상업구매 방식이 있음.

다. 전화조사방식과 위성조사방식 간 비용추이 비교분석

○ 전화조사와 위성조사방식간의 비용을 비교할 때 전화조사방식은 인건비의 증가 등으로 인해 지속적인 비용증가를 예상할 수 있음. 그러나 위성조사의 경우 국적위성의 활용을 전제로 급격한 비용하락이 예상됨.

- 단순히 전화조사를 위성조사방식으로 변경할 경우 2013년 기준 노지 16개 품목의 산지조사비용은 정확성과 신속성이 향상됨에도 불구하고, 6억 7,000만원 수준의 조사비용이 절반 이하인 2억 6000만원 수준으로 하락함.

<위성조사방식으로 완전 전환할 경우 비용비교(16개 품목실시 기준)>

단위: 천원

		'07 (QuickBird위성)	'13 (국적위성)		
		연간위성 조사비용	연간위성 조사비용	증가율	연간전화 조사비용
위성영상 취득비용	고해상도	1,052,832	10,528	-99%	-
	저해상도	0	0	0%	-
현장조사 및 관독비용		200,000	255,200	27.6%	-
합계		1,252,832	265,728	-78.7%	674,762

주 1) KOMSAT-2(24km ×24km)의 경우 공공기관 또는 지방자치단체의 경우 한국항공우주연구원 위성운영센터를 통해 장당 40만원 정도에 실비제공 예정임. 단, 중앙정부기관의 경우 무상으로 국가정보원 지구관측센터에서 제공함. 공공기관에 해당할 경우 07년 현재 QuickBird 비용의 1/100이하의 수준(24km×24km 장당 40만원 수준)임.

2) 국적위성 위성구매는 1) 국정원 영상정보협의체를 통한 실비구매 2) 항공우주연구원을 통한 영상정보협의체외 기관의 실비 구매 3) KAI이미지를 통한 상업구매 방식이 있음.

- 그러나 이러한 단순한 비교는 실제 관측업무처리 과정에 부적합함. 출하·정식·수확의향조사와 같은 의향조사는 위성조사로 불가능하고, 다른 여타 산지조사에서 전화조사방식이 더 효과적인 경우가 있기 때문임.

○ 위성조사로 완전히 대체되는 것을 가정했을 때 2013년 기준 16개 노지품목에 대한 1,700여개의 샘플지역을 운용하면서 국적위성을 활용할 경우 약 314,279천원의 예산절감이 기대됨.

3.3. 위성조사방식 업무적용에 따른 비용과 장점

가. 기존 전화조사방식 유지할 경우 비용추이 분석

- 현 시점에 각 품목별 전화조사 내용을 살펴보면, 재배면적, 작황, 의향 등의 조사항목이 존재하며, 이를 고려할 경우 전화조사를 50% 수준까지 축소하는 방안이 대안이 될 수 있을 것임. 그러나 보수적인 비용접근을 위해 전화조사를 유지한 상태에서 비용구조도 비교할 필요가 있음.
- 2013년 기준 위성조사 외 전화조사를 병행 운영할 경우 전화조사비율에 따라 0%, 50%, 100%(기존 전화조사 운영비율) 각 비용은 265,728천원, 603,109천원, 940,490천원임.
 - 전화조사를 50% 감축하고, 위성정보를 병행 운영할 경우(연간 603,109천원) 기존전화조사방식만을 운영하는 경우(연간 674,762천원)보다 경제 적임. 따라서 산지정보의 정확성과 신뢰성을 담보하고, 의향조사 등과 같은 전화조사의 장점을 유지할 수 있는 “위성조사도입 + 전화조사 50% 감축”방안이 매우 의미있는 방안이라 보여짐. 이는 비용을 증가시키지 않는 상황에서 산지정보수집의 신속성과 정확성을 향상시키는 조합임.

<2013년 기준 조사방식별 비용비교(16개 품목실시 기준)>

단위: 천원

		위성조사 이외 전화조사 비율별 비용			기존전화조사방식
		위성조사만 운영시	전화조사 50% 감축시	기존 전화조사 유지시	
연간 위성 조사비용	고해상도	10,528	10,528	10,528	0
	저해상도	0	0	0	0
	현장조사 및 판독비용	255,200	255,200	255,200	0
연간전화조사비용		0	337,381	674,762	674,762
합계		265,728	603,109	940,490	674,762

주 1) KOMSAT-2(24km ×24km)의 경우 공공기관 또는 지방자치단체의 경우 한국항공우주연구원 위성운영센터 를 통해 장당 40만원 정도에 실비제공 예정임. 단, 중앙정부기관의 경우 무상으로 국가정보원 지구관측센 터에서 제공함. 공공기관에 해당할 경우 07년 현재 QuickBird 비용의 1/100이하의 수준(24km×24km 장 당 40만원 수준)임.

2) 국적위성 위성구매는 1) 국정원 영상정보협의체를 통한 실비구매 2) 항공우주연구원을 통한 영상정보협의 체이외 기관의 실비 구매 3) KAI이미지를 통한 상업구매 방식이 있음.

- “위성조사도입 + 전화조사 50% 감축”방안이 “기존 전화조사유지” 방안 보다 경제적인 것은 전화조사의 경우 전화조사당 비용이 위성조사의 단위당 비용에 비해 상승률이 높기 때문임.
- 따라서 경제적인 산지조사를 위해 전화조사를 최소화하고, 위성조사의 비율을 단계적으로 높이는 것이 관측사업의 경제적 효율성을 높이는 방안이라 볼 수 있음.

3.4. 위성조사 방식의 추가적 이점

- 전화조사방식을 줄이지 않는 상황에서 위성조사를 도입할 경우 증가하는 비용이 관측사업의 정확성과 신속성을 향상시키고, 기존 전화조사로 불가능한 영역의 업무를 처리할 수 있다면 경제적이라 판단할 수 있음.

<위성정보를 통한 관측업무과정의 장점>

조사	현행	위성정보 추가시
전화조사	산지상황을 확인할 수 없는 상태에서 조사 설계가 되어 현재는 매년 반복적인 조사 실시	산지상황에 대한 사전지식을 근거로 조사설계 가능 - 사전 조사내용 조정가능
현지조사	현지조사를 통해 최초로 산지상황 확인	현지조사 전 산지정보 확인가능 - 현지 출장 조사지역 사전 탐색
작황 파악	주관적인 표본농가, 모니터 조사결과	전체 지역에 대한 식생지수 등 계량화 지표 제시 및 전년 대비 비교가능 - NDVI 등 식생지수를 통한 가뭄 등의 지표 확인가능 - 식생변화를 통해 작황상태를 파악
재배면적 산출	주관적인 표본농가, 모니터 조사결과에 의존하고 기간이 지난 통계자료	표본지역에 대한 재배면적 산출 및 전년 대비 비교 가능 - 주요 주산지 변화 확인

- 기존 전화조사방식의 경우 사전 산지정보가 불충분하여 전화조사항목과 현지출장계획 등의 준비에 한계가 있었음. 위성 산지정보는 전화조사와 현지 출장조사를 효율화할 수 있어 각종 비용과 시간을 절약할 수 있음.
- 현재 방식으로는 산지 작황을 정확하게 조사하는 것이 불가능하며, 간접적으로 모니터와 표본농가에 의한 전화조사를 통해 확인할 수 있음. 그러

나 이는 조사대상에 따라 상대적이고 주관적인 지표를 제공해 객관적인 작황파악을 어렵게 함. 또한 중요한 것은 전년대비 비교자료인데 이를 확인하기는 불가능함.

- 따라서 기존 전화조사방식에 위성조사방식을 병행할 경우 기존의 관측업무의 효율성이 향상되고 산출되는 관측정보의 정확성과 신속성이 향상될 수 있음.

4. 어떻게 추진할 것인가?

4.1. 몇 가지 과제

- 위성정보의 활용은 기존 조사정보를 중심으로 진행된 관측사업을 한 단계 발전시킬 것으로 기대됨. 그러나 미국 농업통계국의 사례처럼 기존의 모든 업무를 대체하는 것은 불가능함.
 - 미국 농무성이 기존 조사원방식의 업무를 위성정보 방식으로 완전히 대체하지 못하는 이유는 기존방식이 더 나은 정확성과 신속성을 제공하기 때문임.
 - 우리의 관측사업에서도 생산자와 유통업자의 각종 의향 조사 등에는 위성정보를 활용할 수 없고, 기존의 전화조사방식이 더 효과적인 정보수집 방식임.
- 위성정보를 농업관측에 도입하기 위해서는 조사되는 도입시점의 높은 고정투자비, 훈련된 인력의 확보 등과 같은 예산·경제적인 문제, 정확한 재배면적 및 작황을 판독하기 위한 기술적 선결과제와 제도·운영상의 보완도 함께 해결되어야 함.

가. 기술적 측면

작황: 주요 품목별 작황 파악 기술 확립

- 현재 미국, EU, 캐나다 등에서 곡물의 작황상태를 파악하기 위해 사용되는 식생지수인 NDVI지수는 그 동안 주관적 의사판단에 의존하던 작황을

수치화하였다는 데에는 의미가 있으나 실제 작황과의 상관관계는 작물과 재배방식(시비, 종자 등)에 따라 큰 차이를 보이고 있음.

- 최근 농촌진흥청에서 이루어진 GNDVI지수를 이용한 엽질소 관독방식은 수확기 최종작황과 높은 상관관계를 보이고 있으나 기존 NDVI지수가 지니는 유사한 문제점을 안고 있으며, 동시에 능동형광학센서와 같은 지상장비 운용을 요구하고 있음.
- 따라서 위성정보를 작황 판단에 활용하기 위해서는 주요 품목별로 식생지수와 작황 또는 단수간의 관계를 확립하고, 이를 통해 단수를 추정할 수 있는 기법 개발이 필요함.
- 또한 기존 식생지수를 산출하는 위성영상이 1km(NOAA위성의 AVHRR 센서), 250m(TERRA위성의 MODIS센서)로 우리나라의 밀식형 재배지역에서는 작물별 작황관독에 한계가 있음. '08년 발사예정인 통신해양기상위성의 해상도도 역시 500m이기 때문에 해결에는 상당한 시간이 소요될 것으로 예상됨.
- 따라서 관측업무를 위한 안정적인 작물별 작황 관독을 위해서는 점차적으로 밴드 위성영상의 해상도를 최대한 확대하고, 전국의 촬영주기를 1주 이내로 축소할 수 있는 위성의 확보가 필요함.

□ 재배면적: 작물 관독기술의 한계와 해상도 문제

- 재배면적 관독의 가장 큰 문제는 다양하게 밀식된 산지의 작물별 관독이 어렵다는 점임. 특히 여름과 같이 모든 작물의 생장이 활발한 시기에는 작물 관독이 거의 불가능에 가깝다는 것이 현재까지의 기술현황임. 또한 작물 관독기술을 지원할 수 있는 충분한 해상도를 지난 영상을 확보하는 것도 한계가 많음.
- 현재 국적위성 중 재배면적 관독을 위해 활용할 수 있는 고해상도 영상은 최대 1m급(흑백기준임, 칼라는 4m급임)해상도를 제공할 수 있고, 상업위성인 QuickBird는 최대 0.6m급 해상도를 제공함.
- 그러나 한국 작물 재배환경에서는 밭고랑사이의 간격과 작물의 크기가 작아 상업위성 수준을 넘어서는 정보위성 수준의 해상도를 요구함.
- 따라서 한국과 같은 재배환경의 작물관독과 고해상도 영상을 확보하기

위한 위성용 광학센서의 개발과 RS 판독기술의 개발을 병행해야 함.

- 기존 위성기술 수준으로도 표본설계와 현지조사 병행을 통해 문제를 해결할 수는 있으나 위성정보 활용의 장점을 극대화할 수 있는 판독기술 개발과 고해상도 광학센서의 확보는 필수적이라 하겠음.
- 또한 광학영상의 경우 구름과 같은 시각적인 제약조건이 많아 실제 업무활용에 필요한 영상을 충분히 확보하는 데에는 한계가 있음.
- 기존 농촌진흥청과 학계를 중심으로 진행되는 작물 판독기술은 위성영상의 해상도 향상에 발맞추어 지속적인 연구투자 필요성이 제기됨. 또한 광학영상 외에 레이더(SAR)방식과 같이 기상에 영향을 받지 않는 판독기술 개발도 필수적인데 이는 홍수와 집중호우와 같은 기상재해 상황에서도 관측에 필요한 위성정보를 확보하기 위해서임.

나. 담당인력 측면

- 미국이 농업분야에 위성정보를 도입한 초창기와 같이 위성정보 수집, 가공, 분석 등을 담당할 전문인력이 부족한 실정임.
 - 특히 위의 작황 및 재배면적 추정을 담당할 전문인력이 시급히 확보되어야 할 것임.
- 위성정보 파악은 농촌진흥청, 대학 등지에서 담당하더라도, 이를 실제로 적용할 관련 업계 기반이 구축되어야 함.

다. 제도·운영적 측면

- 농업부문의 위성정보 활용은 농촌진흥청(토양부문), 농산물품질관리원(농업통계산출), 국가정보원(북한농업현황파악) 등 여러 기관에서 산발적으로 진행되고 있음.
 - 농업관측에서는 국내 산지조사 용도 외에도 국내 농산물 가격에 영향을 줄 수 있는 중국 및 미국 농산물 작황 파악에도 위성영상 활용이 필요함.
 - 농업부문 위성정보 취득 및 RS 기술개발을 위한 예산 및 프로그램 조율을 위한 협의기구가 존재하지 않아 긴밀한 협력에 한계가 있음.
 - 기 취득 위성정보를 보유하고 있는 한국항공우주연구원(다목적위성,

Ikonos), 국가정보원(다목적위성, 옵뷰 등) 등으로부터 유기적인 자료협력을 위한 목적에서도 농업부문의 협의체 구성은 필요함.

- 미국 농무성 산하 RSCC형태의 협의기구 설립을 통해 농업부문 위성정보 취득 및 RS 기술개발 수요분석과 협의가 필요함.

라. 예산·경제적 측면

- 위성정보의 수집·가공·판독을 위해서는 초기 장비 및 소프트웨어에 대한 고정비 투자가 높으며, 관측을 위해 필요한 주산지 면적의 위성정보 확보에도 많은 예산이 필요함.
 - 작물의 숫자가 늘어남에 따라 확보해야 할 위성정보의 양이 늘어나지만 수산관측의 사례처럼 영상중복성이 있기 때문에 대상품목확대에 따른 규모의 경제 실현이 가능함.
- 수산관측은 위성정보 수집·가공·판독업무를 외주용역으로 해결함으로써 인력 및 장비 신규구매를 하지 않아 초기 사업위험성을 최소화함.
- 사업 초기에는 유관기관간 위성사진을 공동으로 확보, 이용하는 방안을 검토할 수 있으며, 수산관측 사례처럼 관련 업체가 필요한 투자를 맡게 하는 것도 하나의 방안일 것임.

4.2. 추진 전략

- 위성정보를 관측 사업에 이용하기 위해서는 ①필요한 위성정보를 확보·판독하고, ②파악된 정보를 이용하여 관측정보를 생성하고, ③관련정보를 D/B화하여 관리할 수 있는 시스템(농업관측위성정보시스템)을 갖추는 일이 필요함.
 - 이를 위해서는 관련 기관간 긴밀한 네트워크를 구축해서 협력을 구하고, 시범사업부터 단계적으로 접근하는 전략이 필요

가. 단계별 접근

- 위성정보를 관측 사업에 이용하는 데 있어서 정보전략계획(ISP)을 거쳐 3년 정도 시범 사업 후 2012년부터 단계적으로 도입

- 사업준비 단계에서는 벼를 시작으로 시범 사업을 시작하고, 위성정보를 활용한 관측기법을 개발하고 관련 시스템 구축
 - 미국의 농업통계국에서처럼 위성정보가 현행 조사방식을 100% 대체하기 보다는 보완적으로 활용하면서 관측정보의 고도화를 유도하되, 점차적으로 품목과 지역 확대 (Narasimhan and Chandra, 2000)
- 정보전략계획 과정에서는 위성정보를 활용한 외국의 농업관측, 모니터링 사례를 심층 분석하고 시범사업 추진을 위한 표본 설계, 시범작목 및 지역을 중심으로 위성정보를 활용한 관측기법 개발, 농업관측위성정보시스템 구축 기본 계획 수립, 위성정보를 활용한 관측사업 추진 로드맵 작성, 중장기 사업추진계획 및 소요 예산 등을 판단할 수 있을 것임.
- 2008년 정보전략계획 및 시범사업 기간에 벼에 대해 위성관측을 시범적으로 실시하고, 2010년부터 지역집중도가 높은 고랭지 채소, 감귤에 대해 시범 사업을 실시한 후 노지채소와 과일로 사업 확대
- 위성정보에 의한 관측과 기존 방식에 의한 관측 결과 상호 비교하면서, 위성정보를 보완적으로 활용(홍수 등에 의한 피해 발생 시 피해지역 및 정도를 분석하여 속보 발행에 활용)

<위성정보를 활용한 관측 사업 추진 일정(안)>

구 분	'08	'09	'10	'11	'12	'13
사업개요	정보전략 계획(ISP)	시범 사업 및 시스템 구축	시범 사업 및 시스템 구축	시범 사업 및 시스템 구축	업무도입	
대상 품목	벼		고랭지 무, 배추, 감귤	고추, 마늘, 양파	노지채소, 과일	
해외 산지			중국 산동성(채소)	중국 산동성(과일)	미국, 칠레 등 기타 국가	
상세내역	정보전략 계획수립	시범사업 관측기법확립 시스템구축	시범사업 관측기법확립 시스템구축 위성DB구축	시범사업 관측기법확립 시스템구축 위성DB구축	시스템개선 위성DB구축 시범사업 결과 보완	시스템개선 위성DB구축 시범사업 결과 보완

- 해외산지 정보는 2010년부터 중국 산동성의 채소, 과일에 대해 재배면적 등을 파악하고, 이어서 미국, 칠레 등지로 확대

4.3. 유관기관간 협조체제 구축

- 위성정보 수집은 주로 국정원 지구관측센터, 해양위성센터, 기상청, 한국항공우주연구원 등에서 담당하고, 위성정보 분석은 농촌진흥청, 대학 등에서, 그리고 GIS는 건설교통부 등지에서 담당
- 농업분야에 위성정보를 효율적으로 활용할 수 있는 시스템을 구축하기 위해 미국이 농업분야에 위성정보를 도입할 때 유관기관간 공동프로그램을 운영한 것처럼, 또한 미 농무성의 RSCC처럼 우리나라도 농업분야 위성정보 활용 확대를 위해 가칭 '농업분야위성정보협의회' 구성을 제안
 - 이러한 협의회에는 농림부 통계기획과가 주축을 이루되, 한국농촌경제연구원, 농산물품질관리원 등과 같은 위성정보 활용기관과 한국항공우주연

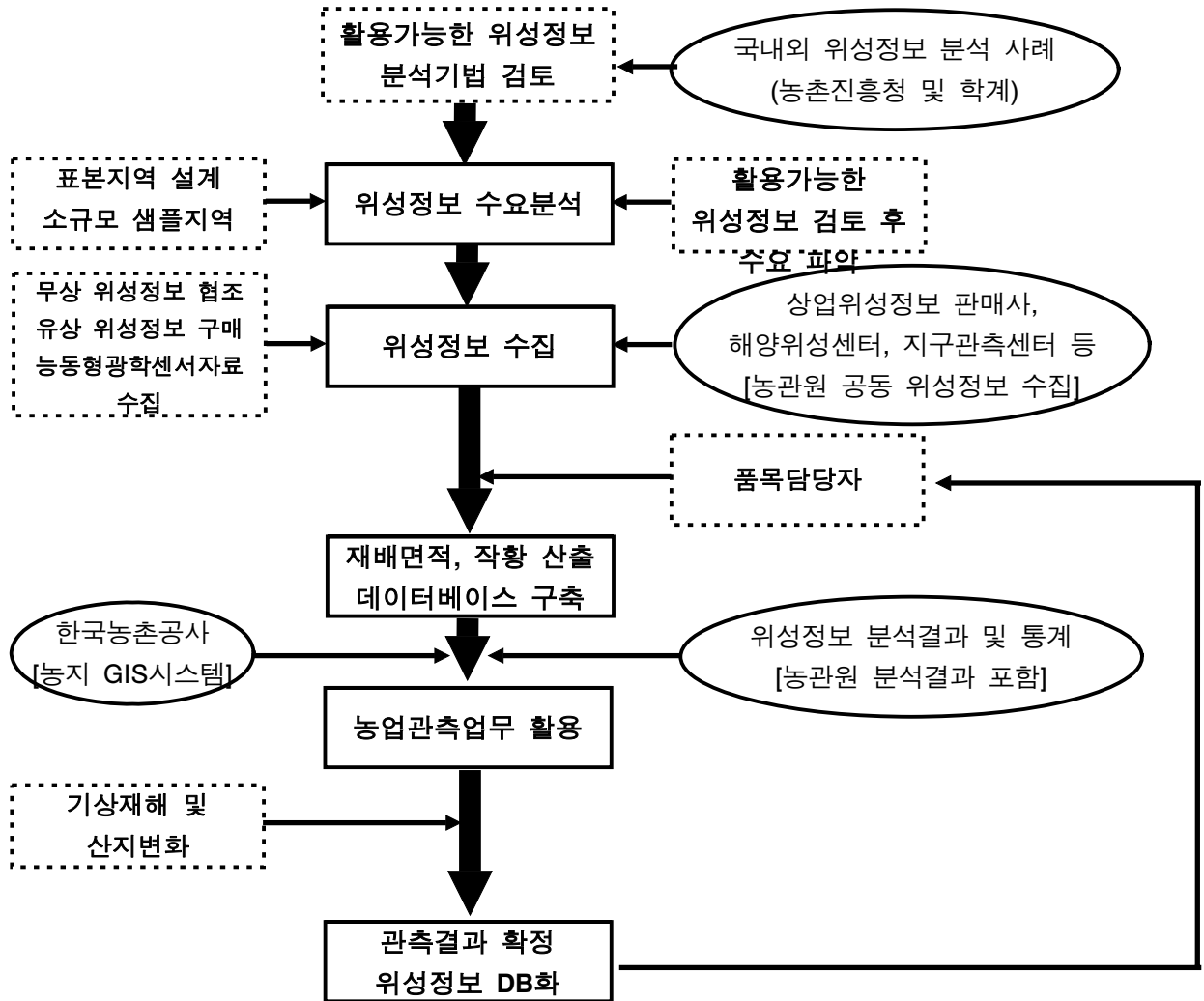
<위성사업 관련 대상 유관기관 예시>

내역	유관기관	역할
위성 정보 수집	국정원 지구관측센터	KOMSAT위성 정보 제공
	해양위성센터	해양기상위성 정보 제공
	기상청	모디스 위성 데이터베이스 제공
	한국항공우주연구원	구 IKonos 위성 데이터베이스 제공
	상업위성 판매대행사	IKonos, QuickBird 등의 상업위성 정보 판매
	NASA	NOAA등 관련 위성정보 제공
위성 정보 분석	농촌진흥청	위성정보 분석기법 기초연구
	상업위성 분석대행사	위성정보 판독 업무 대행
	대학 등	위성정보 분석기법 기초연구
GIS 정보 제공	건설교통부	국가 GIS제공
	한국농촌공사 농림부 농지과	국가 농지 GIS제공
위성 정보 활용	농림부 통계기획과	통계 및 관측업무 협조
	한국농촌경제연구원	농업관측
	수산물관측센터	수산물관측
	농산물품질관리원	농업통계 생성

구원 등의 위성정보 수집기관, 농촌진흥청 같은 위성정보 분석기관 등이 참여, 농업분야에 있어서 위성정보의 활용 분야를 개발하고, 정보를 교류, 공유하며, 필요한 업무 협조를 실시

- 초기 시범사업단계에서 위성정보 구매, GIS시스템 등은 컨소시엄 형태로 유관기관과의 협력을 통하여 중복투자를 배제하고, 농업관측정보센터는 고유영역인 관측업무의 전문성에 초점을 맞추어 활용기법 개발, 전략수립 등 관측역량을 강화하는 측면에서 위성사업을 추진할 수 있을 것임.
- 위성정보 분석 기법은 농촌진흥청과 대학의 연구결과를 활용하고, 위성정보 수집은 사업 시행 초기에는 재배면적 산출용인 고해상도 위성사진은 농관원 등과 공동으로 구매하여 활용할 수 있을 것임.
- 위성정보를 분석, 재배면적과 단수를 파악, 잠정관측치를 생성한 후 농관원의 위성자료 분석을 참고하여 최종 관측치 확정
- 통상적으로 관측정보는 월 단위(필요에 따라 수시로)로 생성되는 데 비해 농업통계는 연 단위로 생성되므로 위성정보를 이용해서 월 단위 관측 결과 생성 시 농관원의 연단위로 생성되는 농업통계를 참고

<위성정보를 활용한 농업관측 업무 프로세스>



참고문헌

- 과학기술부, 국방부, 산업자원부, 2005. 「우주개발중장기기본계획 수정(안)」.
- 김성준 외, 2005. 「원격탐사기술개발사업 - 농작물관리시스템 개발」, 건국대학교.
- 김성준, 2005. “미래정밀농업을 위한 기반구축 방향”, *Trends in Agriculture & Life Science*.
- 김이현 외, 2007. “GNDVI를 이용한 벼 군락 엽 질소함량 추정”, 「대한원격탐사학회 2007 춘계학술대회논문집」.
- 김충실 외, 2005. 「항공우주기술의 농림분야 활용방안」, 농림부.
- 김충실 외, 2006. 「원격탐사기술의 농업통계분야 도입방향」, 농촌경제 29권 2호 pp. 161~176.
- 이재형, 2005. 「국가통계시스템 발전방안」, KDI,
- _____, 2005. 「위성영상 정밀기하보정 및 김 양식어장 판독·DB구축」, 한국해양수산개발원 수산관측센터.
- _____, 2006. 「위성영상 정밀기하보정 및 김 양식어장 판독」, 한국해양수산개발원 수산관측센터.
- _____, 2005. 「위성영상 정밀기하보정 및 어류가두리 양식어장 판독」, 한국해양수산개발원 수산관측센터.
- _____, 2005. 「위성영상 정밀기하보정 및 전복 양식어장 판독」, 한국해양수산개발원 수산관측센터.
- 홍석영 외, 2007. “Polarimetric Scatterometer 시스템을 이용한 벼 군락의 후방산란계수 측정”, 「대한원격탐사학회 2007 춘계학술대회논문집」.
- 홍석영, 2003. 「농업환경분석과 평가를 위한 원격탐사 연구」, 농촌진흥청 농업과학기술원.
- _____, 2005. 「원격탐사 연구 10년」, 농촌진흥청 농업과학기술원.
- 吳炳方, 2000. “全國農情監測與估產的運動化遙感方法,” 「地理學報」, 제55권, 제1기.
- Alistair Davidson *et al.*, 2006. *Native vegetation public conservation on private land*, ABARE.
- Allen J. D., 1990. "A Look at the Remote Sensing Applications Program of the National Agricultural Statistics Service," *Journal of Official Statistics*, Vol. 6, No. 4, pp. 393-409.
- Boken V.K. *et al.*, 2002. "Improving An Operational Wheat Yield Model Using Phenological Phase-based Normalized Difference Vegetation Index," *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 23. No. 20, pp. 4155-4168.
- Carfagna Elisabetta, 2001. "Cost-effectiveness of Remote Sensing in Agricultural and Environment Statistics," *Proceedings of the Conference on Agricultural and Environmental Statistical Application*, Rome, Italy(CAESAR), pp. 618-627.

- Carfagna Elisabetta and F. Javier Gallego, 2005. "Using Remote Sensing for Agricultural Statistics," *International Statistical Review*, Vol. 73, No. 3, pp. 389-404.
- Ferencz. Cs., *et al.*, 2004, "Crop Yield Estimation by Satellite Remote Sensing", *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 25. No. 20, pp. 4113-4149.
- Gallego, F.J., 1999. "Crop Area Estimation in the MARS Project," Conference on Ten Years of the MARS Project, Brussels, pp. 1-11.
- Hale Robert, 1999. *Appropriate Role of Remote Sensing in U.S. Agricultural Statistics*, FAO Regional Project, Improvement of Agricultural Statistics in Asia and Pacific Countries, First Focal Point Meeting of the Project.
- Hanushak, George, *et al.*(National Agricultural Statistics Service: NASS), 1997. *Using Geographic Information System (GIS) for Dissemination of U.S. Agricultural Statistics*, paper presented to Statistical Commission and Economic Commission for Euro Conference of European Statisticians.
- Hanushak, George and Rich Mueller, 2002. "Cosr and Benefit Analysis of A Cropland Data Layer," Pecora15/Land Satellite Information IV/ISPRS Commission I/FIEOS 2002 Conference Proceedings.
- Kawashima K.O.S.Y.H, 1998. "Estimation of Flood Damage to Rice Production in North Korea in 1995," *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 19. No. 2, pp. 365-371.
- Kogan, Felix, *et al.*, 2005. "Modeling Corn Production in China using AVHRR-based Vegetation Health Indices," *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 26. No. 11, pp. 2325-2336.
- Labus M.P., *et al*, 2002. "Wheat Yield Estimates Using Multi=Temporal NDVI Satellite Imagery," *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 23 No. 20, pp. 4169-4180.
- Lewis J.E. *et al.*, 1998. "Estimating Maize Production in Kenay using NDVI: SOme Statistical Consideration," *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 19. No. 13, pp. 2609-2617.
- Narasimhan, R.L. and Chandra, H., 2000. "Application of Remote Sensing in Agricultural Statistics," *The Indian Journal of Agricultural Economics*, Vol. 55, No. 2, pp. 120-124.
- Short, Nicholas, 2007. *Remote Sensing Tutorial*, (<http://rst.gsfc.nasa.gov/>)
- Tsiligirifrs., 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*, Vol. 20, pp. 45-77.
- Wannebo A., *et al.*, 2003. "Remote Sensing of US Cornbelt Areas Sensitive to the El Nino-Southern Oscillation, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 24. No. 10, pp. 2055-2067.

부록: 공간해상도에 따른 위성 영상 구분

	위성/센서	밴드수	공간해상도	촬영주기	촬영범위	발사년도
고해상도	IKONOS - Pan	1	1m	임의조정	11Km	1999
	IKONOS - MS	4	4m	임의조정	11km	1999
	KOMSAT-EOC	1	7m	임의조정	17Km	1999
	QuickBird Pan	4	0.61m	임의조정	14Km	2001
	QuickBird MS	4	2.44m	임의조정	16.5km	
	OrbView	4	1m/4m	임의조정	8Km	2002
	IRS Pan	1	5.8m	48일	70km	
중해상도	Landsat/TM	7	30m/15m	16일	185Km	1982
	Landsat/ETM Pan	1	15m	16일	180km	
	Landsat/TM-E TM	6	30m	16일	180km	2000
	Landsat MSS	4	60*80m	16일	180km	
	SPOT/HRV	4	20m/10m	26일	60km	1986
	SPOT-Pan	1	10m	26일	60km	
	SPOT-XS	3-4	20m	26일	60km	1998
	IRS/LISS	3	23m	24일	140Km	1995
저해상도	NOAA AVHRR	4-5	1.1km	1일	2,399Km	1980
	SPOT-Vegetation	4	1km	1일	2,250	1998
	Terra MODIS	36	250m/500m /1km	16일	2,330Km	2000

자료: Carfagna and Gallego(2005), 김충실 외(2005).