

한국농업의 구조조정과 전자기후도의 역할

윤진일

경희대학교 생명과학부

(2007년 1월 10일 접수; 2007년 1월 26일 수락)

Applications of “High Definition Digital Climate Maps” in Restructuring of Korean Agriculture

Jin I. Yun

Department of Ecosystem Engineering, Kyung Hee University, Yongin 446-701, Korea

(Received January 10, 2007; Accepted January 26, 2007)

ABSTRACT

The use of information on natural resources is indispensable to most agricultural activities to avoid disasters, to improve input efficiency, and to increase farm income. Most information is prepared and managed at a spatial scale called the “Hydrologic Unit” (HU), which means watershed or small river basin, because virtually every environmental problem can be handled best within a single HU. South Korea consists of 840 such watersheds and, while other watershed-specific information is routinely managed by government organizations, there are none responsible for agricultural weather and climate. A joint research team of Kyung Hee University and the Agriculture, Forestry and Fisheries Information Service has begun a 4-year project funded by the Ministry of Agriculture and Forestry to establish a watershed-specific agricultural weather information service based on “high definition” digital climate maps (HD-DCMs) utilizing the state of the art geospatial climatological technology. For example, a daily minimum temperature model simulating the thermodynamic nature of cold air with the aid of raster GIS and microwave temperature profiling will quantify effects of cold air drainage on local temperature. By using these techniques and 30-year (1971-2000) synoptic observations, gridded climate data including temperature, solar irradiance, and precipitation will be prepared for each watershed at a 30m spacing. Together with the climatological normals, there will be 3-hourly near-real time meteorological mapping using the Korea Meteorological Administration's digital forecasting products which are prepared at a 5 km by 5 km resolution. Resulting HD-DCM database and operational technology will be transferred to local governments, and they will be responsible for routine operations and applications in their region. This paper describes the project in detail and demonstrates some of the interim results.

Key words : Digital climate maps, Geospatial climatology, Watershed, Ecosystem management, High definition, Site selection, Agrometeorological forecasting

I. 서 언

1.1. 배경

전쟁의 폐허에서 출발한 우리나라 농업은 지난 반세

기 동안 급변하는 사회의 요구에 부응하여 고투입-다
수확에서 저투입-고품질의 소위 ‘친환경농업’으로 그
구조가 바뀌어 왔다. 친환경농업에서 ‘친환경’은 좁은
의미로는 농업이 토양, 수질, 대기의 오염원이란 비난

에서 벗어나는 것이지만, 넓은 의미로서의 친환경에는 환경오염 경감 외에 두 가지 측면이 더 존재한다. 에너지 사용의 효율화와 자연재해의 경감이 그것이다. 농업환경의 오염보다 더욱 심각한 문제는 지구온난화와 자연재해 급증이라고 할 수 있다.

지구온난화는 화석연료의 연소에 의한 이산화탄소 배출(emission)이 가장 큰 요인으로 믿어지며(IPCC, 2007), 따라서 지구온난화 속도를 늦추기 위해서는 에너지 저소비형 농업이 관건이다. 입업 쪽으로는 무조건적인 숲 보존이 아니라 탄소순환 원리에 부합되는 합리적인 숲 가꾸기를 통해 탄소격리(sequestration)에 기여해야 한다.

농림업분야 자연재해란 많은 부분이 인간의 힘으로 어쩔 수 없는 자연현상에 의해 발생하지만, 자연의 순방향을 거슬러 인간의 이익만을 좇을 때 그 피해가 더욱 커진다. 빈발하는 자연재해 예방을 위해서는 따라서 자연순응형 농업이 필요하다. 그런데 현재 우리나라의 농업은 이들 두 가지 관점에서 보면 완전히 반대방향으로 진행해왔다. 예컨대 농업소득의 핵심이며 백색혁명이란 용어를 만들며 농촌 뿐 아니라 도시 근교 경관까지 바꿔놓은 비닐하우스는 사실 재배부적지를 가리키는 뚜렷한 지표이기도 하다. 재배부적지 환경을 개선하기 위해서는 그 지역에 주어진 자연환경 외에 인간의 자원과 에너지를 추가 투입해야 하며, 이는 환경오염, 지구온난화, 자연재해를 부추기는 행위와 다름 아니다.

환경조절농업은 그렇다 치더라도 노지농업까지 이러한 자원 과투입-에너지소모성 농법이 유행한다. 어느 지역에서 특정 농산물로 수익을 좀 올렸다 하면 지역 불문하고 재배면적이 늘어나서 값 폭락에 애써 가꾼 농작물을 갈아엎는 일까지 생긴다. 불행하게도 재해의 신은 이런 곳을 그냥 두지 않는다. 강변 사구지에 과거부터 발달해온 과수원에서 수입을 올리자 인근 논밭에 묘목을 심고 신규과원을 조성한 경우 어김없이 동해, 상해를 입고 심할 경우 폐원하여 원래의 논밭으로 되돌아가는 경우가 드물지 않다. 농정홍보시 미래농업의 청사진으로 생명공학과 함께 반드시 등장하는 친환경정밀농업이란 것 역시 이런 상황에서는 아무 의미가 없다. 포장 내 환경요소의 공간변이를 알아내어 꼭 필요한 만큼의 비료, 농약, 물 등 자원을 투입하는 첨단 농법이지만, 포장 자체가 부적지라면 그 안에서 무슨 정밀농업이 통하겠는가.

친환경의 시작은 작물 혹은 수목의 생리생태에 꼭 맞는 토양과 기후를 찾아내는 일이며, 사실 야생식물의 원산지나 집단서식지와 비슷한 환경을 찾아내는 일이 친환경농업의 근간이 된다. 적합한 토양을 찾아내는 일은 일찍이 전국의 토양조사로부터 시작되었으며, 정부의 주도로 막대한 인력과 예산이 투입된 이 사업은 마침내 '토양전자지도'라는 이름으로 현대농업사에 한 획을 그었다(<http://asis.rda.go.kr>).

토양과 함께 식물의 생육을 지배하는 기후(농업기후)는 시공간적 규모면에서 국지기후와 미기후(합쳐서 소기후)로 분류된다. 소기후는 지형, 고도, 피복 등 지표 특성에 따라 크게 달라지므로 기상관서에서 생산·배포하는 예보구역단위의 조방적인 기후정보만으로는 국지적인 변이를 알 수 없으며, 적절한 보정 없이는 농림업분야 활용이 매우 제한적이다. 우리나라의 경우 작은 영농규모와 다양한 지표특성을 고려하면 토양전자지도와 마찬가지로 필지단위의 정밀 전자기후도가 반드시 필요하다. 만약 토양전자지도에 덧붙여 소기후정보를 담은 전자기후도가 전국적으로 제작된다면 국토의 효율적 활용과 보전계획 수립, 지구온난화에 따른 작목과 임분의 재배치 등 농림업의 하부구조개혁에 크게 기여할 수 있다. 나아가 정밀전자기후도에 근거한 농업기상예보(기상자료에 근거한 작황, 병해충 등 예측 정보)는 기상이변시대의 에너지절감, 재해경감, 품질향상 등 농림업의 환경친화적 발전과 경영성과 제고에 매우 유용한 의사지원수단이 될 것이다.

장기간에 걸친 세밀하고도 집중적인 토양조사를 통해 얻어진 방대한 데이터베이스는 우리나라 토양전자지도의 근간이 되었으며 그 성과는 선진국 수준에 전혀 뒤지지 않는다. 안타깝게도 농업기후에 관한 한 우리나라는 후진국을 면하기 어렵다. 사실 우리나라 근대농업 100년 동안 기술개발과 활용실적이 가장 부진했던 분야가 농업기상분야로서 농업기후에 관한 변변한 조사자료 하나도 없기 때문에 전자기후도의 제작은 처음부터 어려운 일이다.

1.2. 국내의 연구동향

역사적으로 선진국의 농학(agronomy)은 토양·작물·대기 3요소의 학제간 협력을 바탕으로 발전해 왔으며, 특히 농업기상정보는 모든 영농기술의 개발과 지역적응의 전제조건으로 간주되어왔다. 지형이 복잡한 곳에서는 기상청 표준기상관측망으로부터 수집되는 기상자

료(소위 종관자료)에 의해 농작물이나 수목생장을 예측하는데 한계가 있으므로, 일찍이 종관기상자료로부터 국지기상을 추정하는 연구가 진행되어왔다. 이 기술은 GIS (Geographic Information System), RS (Remote Sensing), GPS (Global Positioning System) 등 공간정보기술에 힘입어 최근 20년간 크게 발전하였는데, 그 가운데 미국 오리건주립대학의 PRISM과 몬태나주립대학의 MT-CLIM, 캐나다 산림청의 BioSIM 등으로 대변되는 기후 공간내삽모형 및 그 응용기술들이 돋보인다(Daly *et al.*, 1994; Running *et al.*, 1987; Regniere *et al.*, 1996).

PRISM은 “Parameter-elevation Regressions on Independent Slopes Model”을 가리키며 기본적으로 DEM의 각 격자점별로 기온이나 강수량과 고도사이 관계를 표현하는 회귀식(계수)으로 이루어진다. 격자점 주변의 기상관측소로부터 실측자료를 수집하여 공간평균값을 얻는 소위 공간내삽기술인데, 이 기술의 핵심은 관측소마다 서로 다른 가중치를 얻는 것이다. 예를 들어 해발고도, 경사방향, 경사도, 수계분포, 해안거리, 역전층형성 등이 이 과정에서 이용된다(<http://www.ocs.oregonstate.edu/prism/>).

MT-CLIM(Mountain Climate Simulator)은 기상관측소 한 곳의 일 최고, 최저기온, 강수량 실측자료를 토대로 산악지대 임의지점의 기온, 강수량, 일사량, 습도를 추정하기 위한 컴퓨터 프로그램이다. 임의지점의 특징은 위도, 경도, 경사도, 경사방향 등으로 구분된다. 최근 넓은 지역에 걸쳐 이 모형을 적용하기 위해 Daymet이란 확장기법이 개발되어 수치고도모형(DEM)만 준비되면 각 격자점의 기상조건을 기존 관측망으로부터 수집되는 기상자료의 최적공간내삽에 의해 그 분포도를 만들어 준다(<http://www.ntsg.umt.edu/>).

BioSIM은 곤충생태에 미치는 기상 영향의 정량화함으로써 산림해충의 발육단계를 예측하는 모형이다. 이때 기상조건은 국지 소기후조건을 의미하며 소기후 mapping을 위해 공간내삽기법을 이용하는데, 특히 일 최고기온에 대한 내삽기법은 가장 우수한 것으로 평가된다. 이렇게 내삽된 격자형 기상자료에 의해 해충모형을 구동시킴으로써 발생예찰결과도 전 지역에 대해 분포도 형태로 제공된다(http://www.nrcan-rncan.gc.ca/cfs-scf/science/technologies/biosim_e.html).

이러한 기술을 토대로 미국과 캐나다의 농업부에서는 최고해상도 800m급의 식물내동성지도(Plant Cold

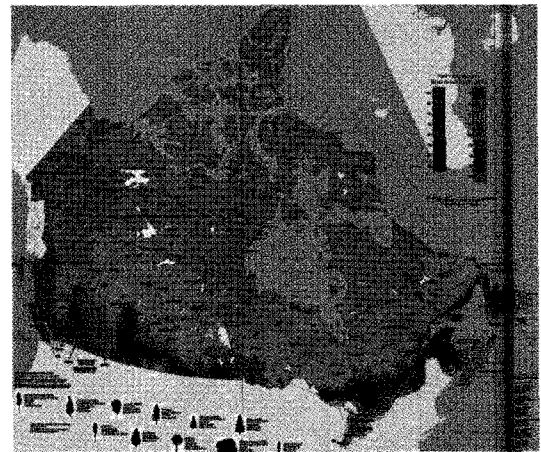
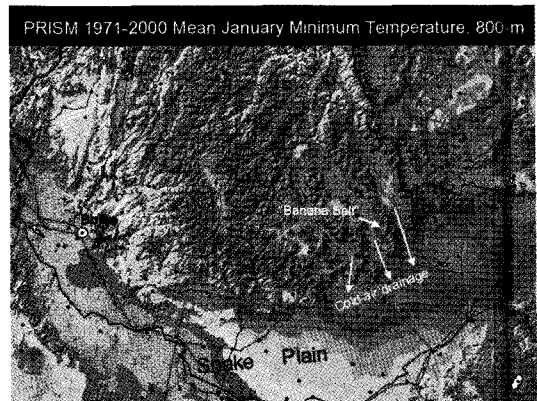


Fig. 1. Sample maps for plant cold hardiness zones used in the USA and Canada.

Hardiness Zone Map)를 생산하며 5년마다 갱신하고 있으며, 중국 등 세계 여러 지역에서 이 기술을 받아들여 농정의사결정의 기초자료로 활용하고 있다(Fig. 1 and 2).

유럽연합은 전자기후도와 위성영상, 그리고 작물모형을 이용하여 주요 농작물의 작황예측사업(MARS)을 실시 중이며, 나라별로 주요작물 및 병해충에 대한 시뮬레이션기술(예, 독일기상청의 AMBER)을 확보하여 작황진단 및 병해충관리 의사지원체계를 운영하고 있다(<http://www.wamis.org/countries/mars-eu.php>). 특히 이태리에서는 최고급 포도주 생산을 위한 재배적지 판정 및 품질인증을 위해 해상도 75m급의 초정밀 농업기후도를 활용하고 있다(Fig. 3).

우리나라에는 1980년대 후반에 일본에서 도입된 통계학적 국지기후 추정기술(일명 그물망기후도)로부터 최근의 GIS와 지형기후이론에 근거한 공간기후모형에

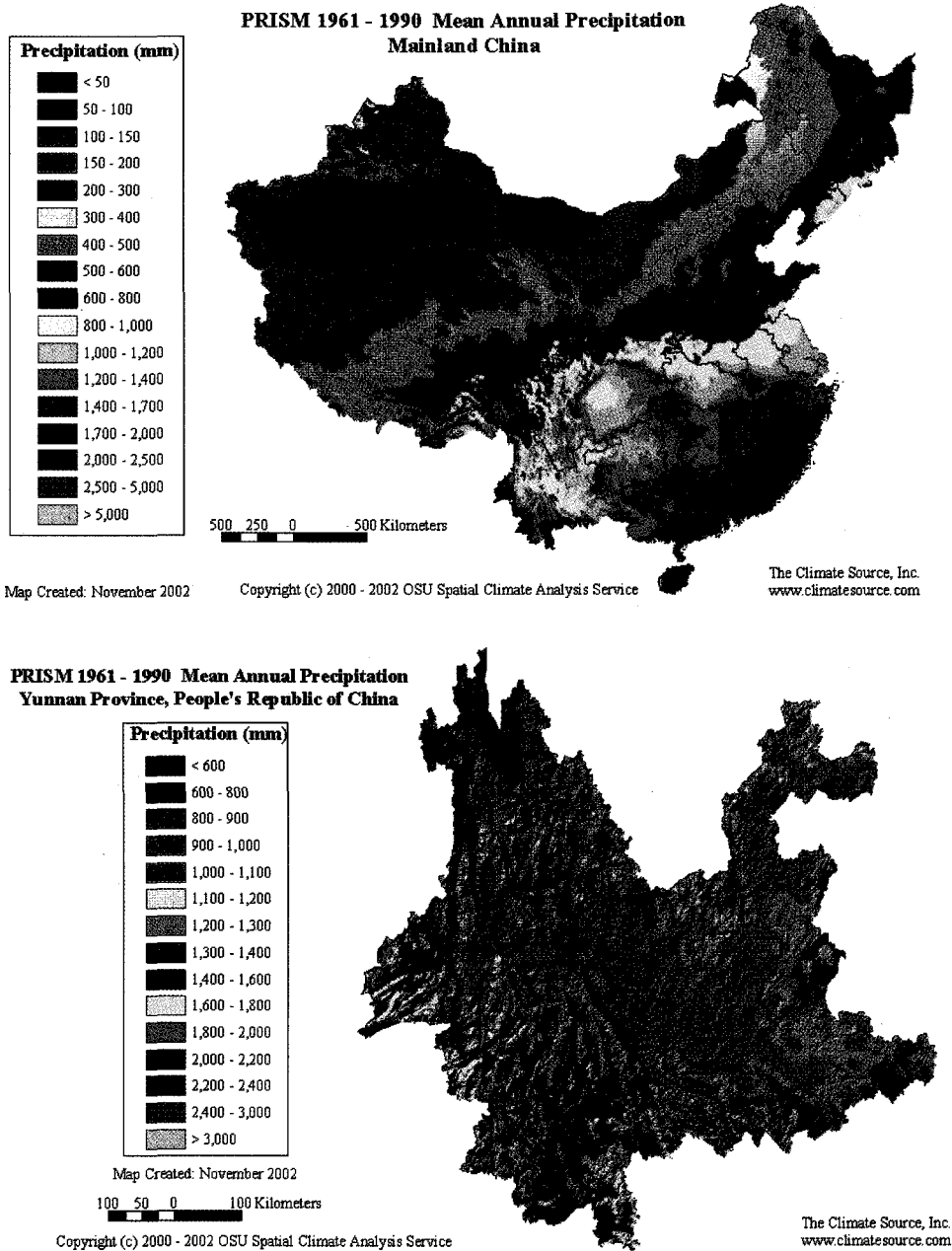


Fig. 2. Sample maps for annual precipitation used in China.

이르기까지 실험실 수준의 기초기술은 지속적으로 연구되어왔다. 일부 지역을 대상으로 전자기후도가 제작되었으며, 이미 구축된 토양, 수문, 지표피복자료 등과 함께 농업모형을 구동시킴으로써 북한서부지대 적응 남한 벼 품종의 선발 및 DMZ 접경지역 농지생산력 검증, 고품질 과수 생산가능지 검색시스템 시험구축 등에 활용되었다(Yun, 2004). 또한 기상청 농업기상센

터(수원)에서는 전남 나주와 경기 안성지역에 대해 30m 해상도 일 최저기온 예보 및 배상해경보를 위한 실시간 웹서비스를 개설함으로써 농업기상예보 (agro-meteorological forecasting)의 가능성을 보여주었다.

하지만 국가농업기상업무의 주무부서 부재로 인해 토양전자지도와 같은 국가적인 시스템으로 발전하지

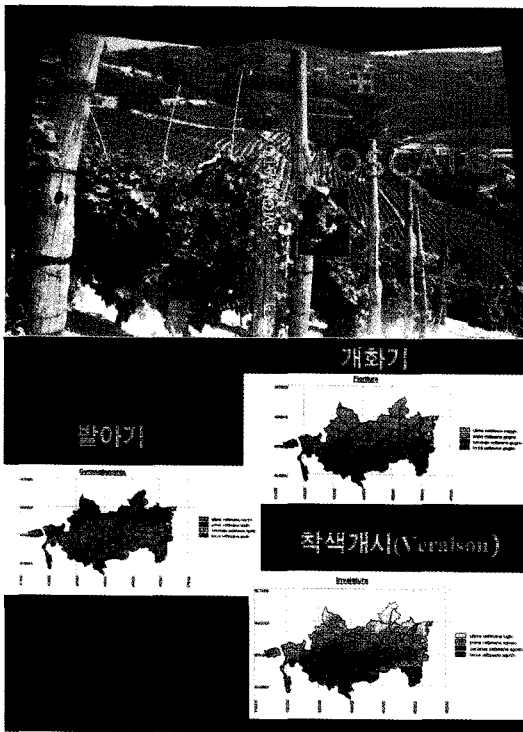


Fig. 3. Sample maps of vineyard phenology used in Piemonte, Italy.

못하고, 따라서 농촌진흥청, 산림청, 지방자치단체에서 다수의 농업기상관측용 자동기기를 설치운영 중이나 정보생산 및 활용에 있어 의도했던 성과를 거두지 못하고 있다.

1.3. 목표 및 추진체계

농작물의 재배적지 선정, 작부체계 개발, 임분 배치 등 농림업의 기획부터 재배-생산-가공-유통 등 실행단계까지, 날씨와 기후의 영향을 벗어날 수 없지만 토양, 물, 병해충 등 다른 환경변수에 비해 농업기상에 관한 우리나라의 기술은 미흡한 편이다. 선진국에서는 관측 센서, 공간정보, 시뮬레이션, 자료전달기술의 발전에 따라 최근 십여 년간 이들을 접목시킨 농업기상기술, 특히 정밀 전자기후도 제작 및 활용기술이 널리 보급되고 있다. 이러한 기술격차를 단기간에 뛰어넘고 우리 실정에 맞는 적지적작기술을 확보하기 위해서는 우리의 강점을 살린 특단의 연구노력이 필요하다. 우선 개발목표를 격자간격 30m의 초고해상도 전자기후도 제작에 두었으며, 적용규모를 행정구역이 아닌 소유역(watershed)으로, 적용단위를 개별필지에 맞추어 선진

국의 현재 수준을 능가하도록 하였다. 성과활용 역시 공간정보와 시뮬레이션기술을 결합한 농업기상예보시스템 구축에 두어 실용화를 강조하였다.

사실상 유역규모 생태계관리를 위한 시뮬레이션모형은 많이 연구되었으며, 우리나라에서도 필수 입력자료의 공간정보화작업이 완료되었지만 농업기상자료만 아직 구축되지 않은 실정이다. 건교부에서는 정밀지형특성을 근거로 남한전역을 840개 표준유역(수문단위)으로 구분하고 그 성과를 수치지도정보로 작성하여 GIS를 이용한 유역통합관리 기반을 구축하였다(<http://www.wamis.go.kr>). 농촌진흥청, 산림청, 환경부, 농업기반공사 등에서는 토양, 수문, 식생, 피복특성을 이들 표준유역 정보와 호환가능한 수치지도정보로 작성하였다. 향후 농업기상자료가 정밀전자기후도 형태로 제공된다면 기존에 구축된 공간자료와 함께 정확한 생태계동태모사가 가능해지며, 따라서 초유의 고해상도 농림생태계 의사지원정보가 생산될 수 있다. 다행히 국내에는 국제적으로 인정받은 공간기후 추정기술 가운데 소유역 규모에서 적용 가능한 것이 다수 개발되었으며 전자기후도 제작에 성공적으로 활용된 바 있다(Choi *et al.*, 2003; Chung and Yun, 2004; Chung *et al.*, 2006).

본 연구과제는 (1) 복잡지역의 공간기후모형 확립, (2) 전자기후도 제작, (3) 농업기후시대 구분, (4) 농업기상예보시스템 구축, (5) 농업기상실무자 교육프로그램 운영 등을 목표로 2006년 4월부터 향후 4년간 농림기술관리센터(ARPC) 지원금을 받아 농림부(농산경영과)의 기획과제(핵심전략과제)로 수행하고있다. 목표들 중 (1)은 (2)를 위한 선결조건이며, (2)는 다시 평년기후도제작, 실황기후도 제작 그리고 기후도 검증 등 3부분으로 구성된다. 여기서 실황기후도는 (4)의 선결조건이 된다. 따라서 이들 사업을 효율적으로 추진하기 위해서 (1), (2), (3)을 통합하여 경희대학교 생태정보연구실에서 주관과제로 추진하고, (2)의 실황기후도 제작부분과 (4)를 통합하여 한국농림수산정보센터(AFFIS)에서 협동과제로 추진한다. (5)는 주로 전자기후도의 활용에 대한 교육훈련이므로 사단법인 한국농림기상학회에서 위탁과제로 수행한다.

구체적으로 주관과제 가운데 가장 중요한 부분인 840개 유역별 평년기후도 제작은 전문기술인력(연구원급) 1인과 기능인력(보조원) 1인으로 이루어진 3개 전담팀을 조직하여 수행한다. 이미 확립된 공간기후모형

과 유역별 DEM 등 공간자료, 그리고 1971-2000 기 후자료에 의해 1탑이 하루평균 1개 유역씩 처리하면 1년 내 감당할 수 있는 업무량이다. 기온, 일사량, 강수량에 대해 각각 1년씩 시간을 배정하며, 제작된 기 후도의 검증실험을 다음 1년씩 실시한다. 모형의 적합성과 제작된 전자기후도의 신뢰성 검증은 기존 관측망 으로부터 실측자료를 수집하여 비교하되, 모수추정을 위한 야간경계층 관측 등 특별관측을 수행한다.

농업기후시대 구분은 평년기후도가 제작된 연후에 가능하며 농업업 각 분야별 농업기후모형과의 연계가 필수적이므로, 전임연구원을 두기보다는 원예연구소, 농업과학기술원, 국립산림과학원, 고령지농업연구소 등 각 분야 전문가를 참여시켜 이들로 하여금 해당 분야 최적모형을 선별하고, 전자기후도에 적용하여 각 기관에서 필요로 하는 농업기후 혹은 산림기후 지대구분을 수행토록 한다.

협동과제를 수행하는 한국농림수산정보센터는 1999년부터 ‘아피스1500’이라는 읍면단위 농업기상정보서비스를 개발하여 지금까지 인터넷 연동으로 운영해온 경험이 있지만, 본 과제에서 추구하는 새로운 개념의 ‘유역맞춤형’(watershed-specific) 서비스를 위해서 기상청(실황기후도 제작), 선도소프트(공간자료관리), 에피넷(농업기상예보) 등 분야별 국내 최고 전문기관 기술인력을 연구원으로 참여시켜 이들과 공동연구를 수행함으로써 최단기간 내 기존의 ‘아피스1500’ 서비스를 업그레이드 시킨다. 연구기간 내 840개 모든 유역에 대해 맞춤형 농업기상예보시스템을 구축하는 것은 불가능하므로, 우선 농촌진흥청 전문지도연구회(농업기상 분야) 회원이 소속된 20개 시군에 한해 유역별 대표작물 혹은 과종을 선정하여 시스템을 구축하며, 나머지 시군에 대해서는 AFFIS에서 시범운영한 다음, 희망 시군별로 기술을 분양하여 독자적인 서비스시스템을 구축하도록 유도한다.

전자기후도 및 농업기상예보 활용을 위한 실무자 교육 훈련은 농림부 산하 공익법인 한국농림기상학회의 고유목적사업인 점을 감안하여 위탁과제로 추진한다. 훈련과정개발, 교재집필, 연찬회개최 등을 학회 소속 전문가 및 농업기상전문지도연구회와 공동으로 추진하며, 궁극적으로 국가농업기상센터(기상청-산림청-농진청 합동근무조직)에 상설프로그램으로 정착시키는 것을 목표로 한다. 교재 및 훈련과정은 초급과정(농업기상-산림기상 입문), 중급과정(전자기후도 및 정보이용법), 고급과정(측기

관리, 전자기후도 검증, 맞춤형 정보 생산), 특수과정(방재, 이상기상, 첨단장비 및 기술)에 맞추어 집필, 설계한다. 훈련형태는 실습 위주의 연찬회(workshop)를 기본으로 하며 필요할 경우 농림기상학회 주관의 전국규모 행사를 개최한다.

II. 중간결과

2.1. 전자기후도 제작(경희대학교에서 담당한 세부과제)

2.1.1. 모형검증

공간기후모형의 신뢰성검증을 위해 표준유역 가운데 산간지, 중산간지, 평야지의 특성을 갖는 3개를 설정하여 검증관측망을 구축하였다. 산간지는 강원도 평창군의 도암댐유역을, 중산간지는 충북 충주시의 충주댐하류유역을, 평야지로는 전남 나주시 영산강수위표유역으로서 기온/습도 자동관측장비(Model HOBO H8 Pro, Onset Computer) 27대를 설치하고, 관측지점의 위치좌표를 수집하였다. 일 최저기온 모형의 정확한 모수 추정을 위해 야간경계층 기온연직구조 측정장비(MTP5H, Kipp &

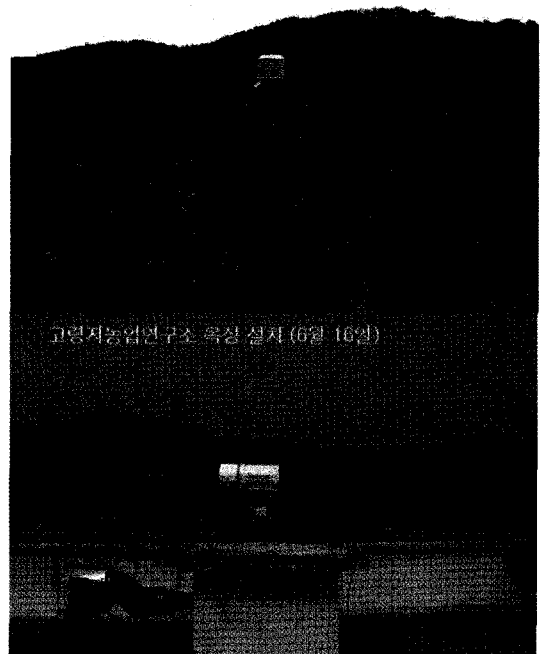


Photo 1. One of the temperature sensor-microloggers (HOBO) installed at the Doam watershed (top) and a microwave temperature profiler (MTP5H) installed on the roof top of National Institute of Highland Agriculture in the same watershed (bottom).

Zonen)를 도암댐유역 고령지농업연구소 옥상에 설치하고 테더존데 관측자료와 비교실험을 수행하였다(Photo 1).

2.1.2. 기온기후도 제작

유역별 30m 해상도 전자기후도 제작에 필요한 자료로서 한국수자원공사의 표준유역지도(수문단위지도)와 환경부의 DEM, 지표피복, 농업과학기술원의 토양 전자지도, 산림과학원의 임상도, 행정자치부의 행정구역도, 해당 자치단체의 지적도를 수집하였다.

기후자료로는 기상청 56개 지점 표준관측소 1971-2000 일 최저기온 최고기온의 월별 평균값을 수집하였다. 이들 기후자료에 근거하여 30m 간격 격자점 단위로 일 최고 및 최저기온을 추정하기 위하여 기존 일 최저기온모형에 도시열섬효과와 온난대 효과, 냉기유입량보정항을 추가하였으며, 일 최고기온에는 과열지수 보정항을 추가하였다 (Yun, 2004).

840개 표준유역 중 도서지역, DMZ를 제외한 752개에 대하여 평년 월별 일 최고, 최저기온 전자기후도의 제작을 완료하였으며, 표준유역별로 평년 최고 최저기온 전자기후도에 대한 메타 데이터를 작성하였다 (Table 1).

자료의 검증을 위해 표준유역별 최고, 최저, 평균, 표준편차를 계산하고 임의 격자점의 추정값이 일정범위를 벗어나게 되면 검색을 통해 오류를 수정하였다. 현재 운영중인 대표유역의 실측자료가 수집되면 계절별로 오차분석을 통해 모형의 개선 및 보정이 지속적으로 이루어질 것이다.

2.2. 유역맞춤형 농업기상예보시스템(농림수산정보센터 수행 협동과제)

2.2.1. 기 구축되어 운영중인 "아피스 1500" 분석

한국농림수산정보센터는 1998년 10월 당시 정 상원 사장이 농업기상정보화사업에 큰 관심을 갖고 기상청, 경희대 농업기상연구소, 농촌진흥청 등과 함께 1단계

사업을 개시하였으며, 그 해 3월에 창립된 사단법인 한국농림기상학회의 주도하에 마침내 1999년 5월 PSDN 방식의 'AFFIS 1500 농업기상정보' 문자서비스를 시작하였다. 인터넷 환경의 확산에 따라 같은 해 6월 웹 기반의 'AFFIS 1500 농업기상정보' 그래픽서비스를 병행하게 되었는데, 주요 정보로는 날씨에 따른 농작물 생육영향을 최소화하기 위해 작물 주산지의 일기예보, 농업기후지수 등이 제공되었다. 이들 정보는 기본적으로 70여개 기상관서 자료를 ArcView와 공간 분석용 확장모듈을 이용하여 거리 및 고도편차 보정을 통해 1 km 해상도로 규모를 축소한 다음, 전국 읍면에 해당하는 1,400여개로 공간평균을 구한 것인데, 1 시간 단위의 실황은 물론 과거 기후자료를 바탕으로 30년, 20년, 10년 평균 강수량과 기온, 극값 등 분석자료도 제공하였다. 2003년 8월에는 변경된 행정구역 및 기상관서 위치에 맞추어 분할프로그램을 수정하고 ArcView 3.0을 ArcGIS 8.0으로 업그레이드 하였다. 또한 디자인, 콘텐츠, UI 등을 전면 개편하여 기상분석정보 시각화작업, 날씨 정보의 아이콘화, 기상매너 제공 등 사용자의 편의성을 개선하였다. 같은 해 12월부터 읍면별 맞춤형기상예보를 신청자에게 1일 1회 발송하는 SMS서비스를 시작하였다. 기본적인 서비스체계는 Fig. 4와 같다.

2.2.2. 실황기후도 제작기술 2중 확보

서비스 시작 당시(1999년)에는 누구도 예상치 못했던 사용자들의 폭발적 호응이 있었지만 2006년부터 기상청에서 시험운영을 개시한 디지털예보서비스(<http://www.digital.go.kr>)가 읍면동 단위로 보다 다양한 기상요소에 대해 그래픽정보를 제공함에 따라 아피스1500은 실용성을 잃고 과거의 명성도 크게 퇴색하였다. 하지만 전자기후도사업을 통해 생산되는 30m 해상도의 초정밀 기상정보는 오히려 아피스1500서비스의 확실한 차별화를 통해 세계적인 농업기상정보서비스로 거듭나는 계기

Table 1. Standard meta data format for the digital climate models

Item	Description
Hydro Unit	Name of the second- and third-order river basins to which the standard watershed belongs
Administration Unit	Name of local government to which the watershed belongs
Description	Name of map creator, date of production, and location of data folder
Spatial Information	Map projection, datum, coordinates, nearby synoptic and automated weather stations
Attribute	Data format, spatial resolution

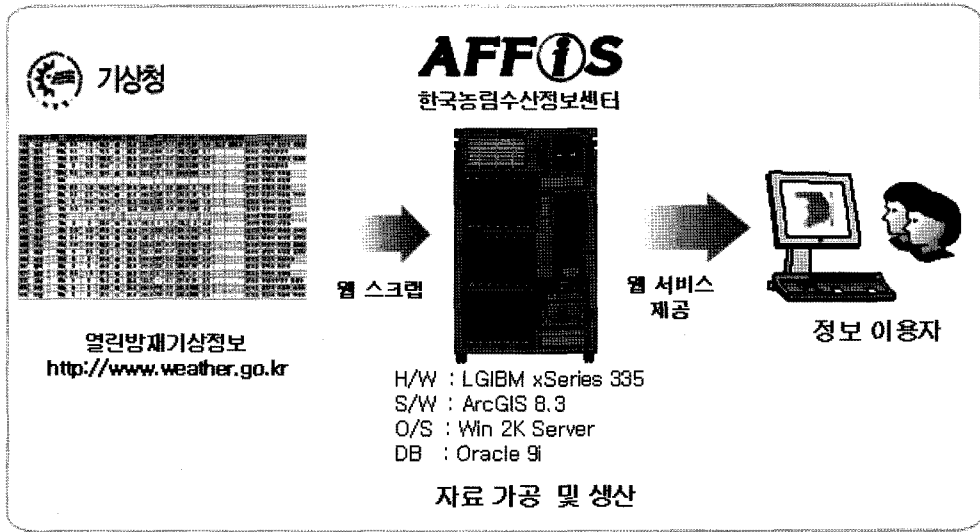


Fig. 4. A schematic diagram of information flow in AFFIS1500, a web-based agricultural weather information system operated by Agriculture, Forestry and Fisheries Information Service.

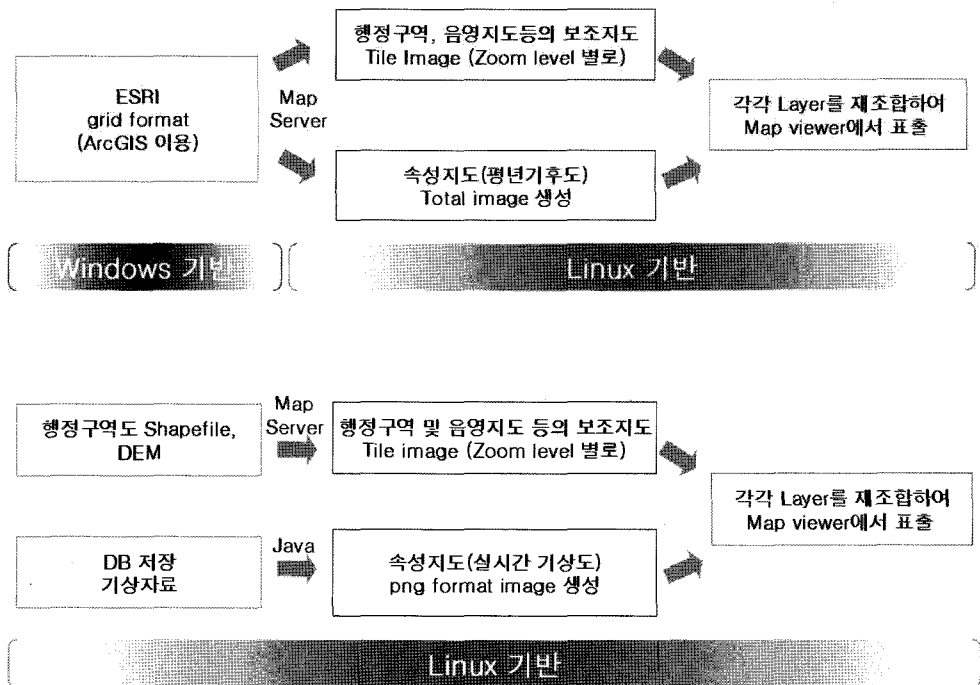


Fig. 5. Schematic diagrams for implementing the real-time digital climate map products on web-service systems. Two different methods are considered for this purpose : one is ArcMAP dependent (top) and the other is Java dependent (bottom).

가 될 수 있다. 첫 번째 개편작업은 현재날씨 즉 기상 실황을 전자기후도 제작기법에 의해 생성하는 것으로서 지금까지 ArcMap에서 ArcObject로 구현하는 방법과 Java 프로그램으로 구현된 기상자료 자동보간 모듈에 의하여 생산하는 체계 등 두 가지를 개발하였다(Fig. 5).

2.2.3. 전자기후도 웹 표출기술(Web MapViewer) 개발

생성된 격자형 기상자료는 ArcGIS Grid 형태로서 전용프로그램이 있어야만 조작이 가능하다. 일반사용자들이 웹상에서 전자기후도를 보기 위해서는 특별한

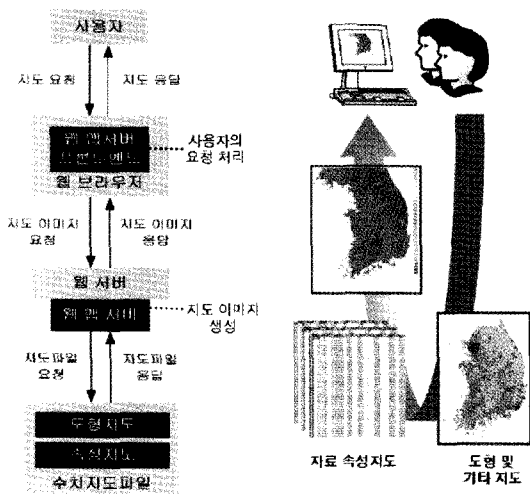


Fig. 6. A schematic diagram for the web map service system consisting of web map server, which prepare image files from ESRI grids, and web map server front end, which displays images on user's request.

뷰어를 이용해야 한다. 본 연구에서 개발하여 사용하는 “Web MapViewer”는 Web MapServer와 Web MapServer Front-end로 구성되며, 전자는 Grid 형태의 전자기후도를 웹 상에 표현가능한 이미지파일로 변환하고, 후자는 생성된 이미지를 웹 브라우저를 통해 사용자에게 보여주는 역할을 수행한다(Fig. 6).

2.3. 실무자 교육훈련(농림기상학회 수행 위탁과제)

2.3.1. 교재편찬

기상학 일반, AWS 관측 및 설치, 공간정보 입문, 전자기후도 제작과 활용으로 구성된 단기훈련교재를 집필하고 50부를 인쇄하였다.

2.3.2. 연찬회 개최

농촌진흥청 농업기상전문지도연구회 회원(20명)을 대상으로 전자기후도 초급과정 연찬회를 2박 3일간(2006년 6월 27일-29일) 경희대학교 수원캠퍼스에서 개최하였으며, 제주지역 농업기상업무 관련 연구원(16명)을 대상으로 전자기후도 초급과정 연찬회를 2박 3일간(2006년 11월 27일-29일) 난지농업연구소 감귤연구센터에서 개최하였다(Photo 2).

2.4. 전자기후도 활용 및 성과 홍보

2.4.1. 지방자치단체 기상정보서비스에 전자기후도 사용

본 과제에서 제작한 평년(1971-2000) 월별 기온기



Photo 2. Participants and instructors of the 1st (top) and the 2nd (bottom) workshop on application of digital climate maps.

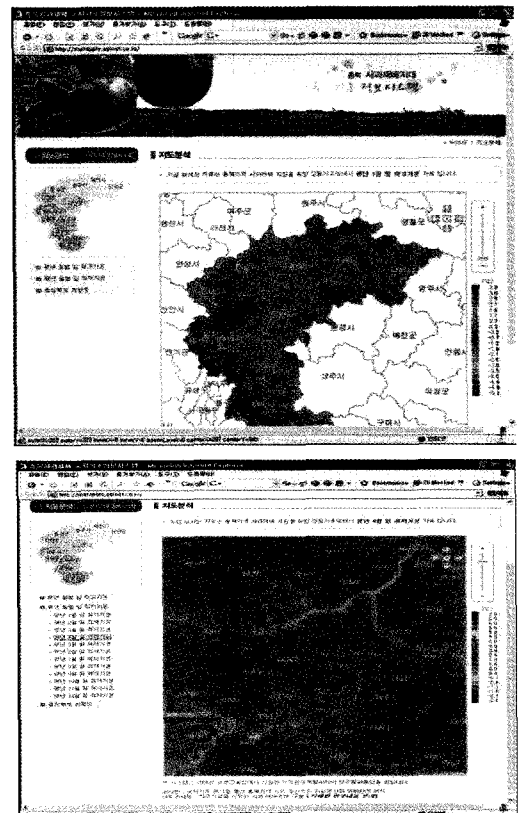
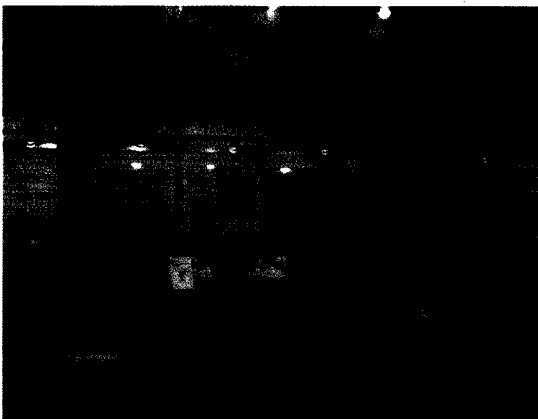


Fig. 7. Digital climate maps (April minimum temperature) applied to apple production in a web-based information system operated by a local government (top). Zoomed image shows specific areas vulnerable to late frost damage in this region by a color warning system (bottom).

후도 가운데 충북지역 자료만 발췌하여 충청북도-원에 연구소-건국대학교에서 공동개발중인 '웹 기반 충북지역 기상정보 조회시스템(MetApple)'에 시험적으로 제공하였다(Fig. 7).

2.4.2. 농림과학기술대전 출품(2006년 9월 27일-29일, 서울 aT센터)

이제 시작단계이긴 하나 제작된 일부 전자기후도와 그 활용성결과를 농림기술관리센터(ARPC)에서 주최하는 농림과학기술대전에 출품하여 시민들이 직접 보고 그 가치를 판단하는 기회로 삼고자 하였다(Photo 3). 동영상으로 제작된 '내고장 기후찾기'를 비롯, 다채로운 내용의 포스터와 조교시연을 통해 많은 참관인들은 물론 언론의 관심을 끌었다.



전국의 기상분포를 한눈에 알 수 있네!
[뉴스시스 2006-09-27 14:36]



[서울=뉴스시스]

27일 오전 서울 양재동 aT센터에서 개막된 2006 농림과학기술대전의 한국농림기상학회 부스에서 농촌지역의 기후양상을 정밀하게 파악할 수 있는 디지털 생태기후도를 선보이고 있다. /허상욱기자 wook@newsis.com

Photo 3. Digital climate maps and their applications displayed in the Agricultural and Forestry Exposition (top) and a news report on one of the products on internet (bottom).

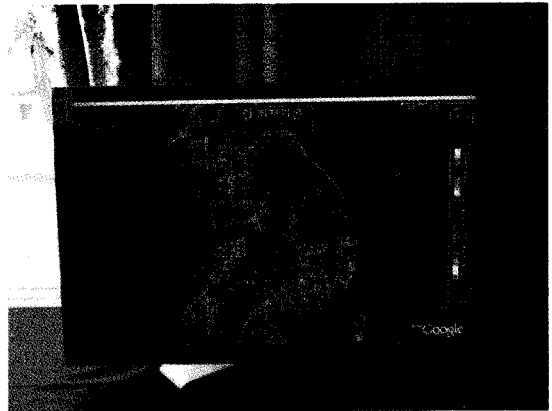


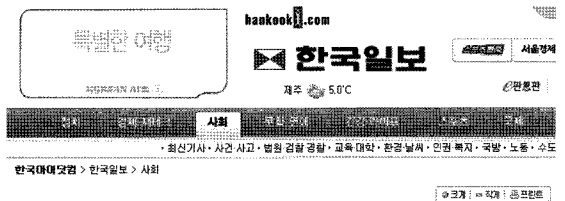
Photo 4. A snapshot of the demonstration system displaying a temperature pattern over a 3-D land model (Google Earth) at a 2,560 by 1,920 pixel resolution.

2.4.3. 국제심포지엄(Crop Science and Biotechnology in the 21st Century) 논문발표(2006년 11월 30일-12월 2일, 제주국제회의장)

1차년도 연구성과를 정리하여 모두 7편의 학술논문을 제주에서 열린 한국작물학회-한국농림기상학회 공동주최 국제심포지엄에 구두 및 포스터로 발표하였다. Photo 4는 Google Earth 위에 전자기후도를 중첩시킴으로써 입체적인 기온분포를 대형 모니터 상에서 보여주는 시연장면으로서 발표논문 가운데 하나이다.

2.4.4. 기타 언론보도

전자기후도는 그 탁월한 해상도와 타 공간자료와의



진해 벚꽃잔치 65년후면 끝?

경희대 정재은 교수 "온난화 영향 꽃 안될 수도"

65년 뒤인 2071년에는 경남 진해의 벚꽃축제가 사라질지 모른다. 기후 온난화 때문이다.

경희대 생명과학부 교수 등은 22일 "2071~2100년엔 경남 해안지방에서 지속적으로 겨울이 따뜻해져 벚나무가 겨울잠(휴면)을 제대로 자지 못하는 바람에 봄에 벚꽃이 아예 피지 않거나 균일하지 않게 될 수 있다"며 "최악의 경우 65년 후엔 국내 최대의 벚꽃축제 지역으로 꼽히는 경남 해안지방에서 벚꽃이 아예 피지 않을 가능성이 크다"고 주장했다.

이들은 23일 제주 서귀포 KAL호텔에서 열리는 '기후변화 전문가 워크숍'에서 발표할 '2011~2100년 기간 중 벚꽃(황벚나무) 개화 예상일 전국분포' 논문을 소개했다.

Fig. 8. A newspaper article introducing some applications of digital climate maps to project future change in cherry flowering date in spring.

KBS NEWS

www.kbsnews.com

“올 여름 폭염 속 호우·태풍 우려”



<앵커 멘트>

올해 우리나라는 예년 보다 기온이 0.5 도 이상 높을 것으로 예측됐습니다.

집중 호우와 폭염 등 이상 기상 현상이 나타날 우려도 크다는 분석이 나왔습니다.

김민경 기자의 보도입니다.

<리포트>

영국 기상청은 지난 가을부터 시작된 엘니뇨 때문에 올해가 전 세계적으로 가장 더운 해가 될 것이라고 경고했습니다.

기상청은 우리나라 역시 올해 평균 기온이 예년 보다

0.5도 이상 올라 가겠다고 밝혔습니다.

<인터뷰>권원태(기상청 기후연구실) : "이산화탄소 농도가 매년 2 ppm 정도 상승하고 있는데, 이때문에 온도가 상승한 것으로.."

생태계 변화도 더욱 가속화돼 현재 4월에 피는 벚꽃이 50년 후쯤엔 남부 대부분지역에서 3월에 피고, 80년쯤 뒤엔 서울에서도 3월에 벚꽃을 볼 수 있게 됩니다.

또 따뜻한 겨울 탓에 일부 남해안 지역에선 벚꽃이 피지 않을 것으로 분석됐습니다.

KBS 뉴스 김민경입니다.

[기상뉴스] 김민경 기자

입력시간 : 2007.02.08 (21:09)

Fig. 9. A report on climate change in Korea broadcasted nationwide during the prime time on February 8, 2007, where our digital climate maps were used as background.

호환성 덕분에 미래 기후변화 및 생태계의 기후변화 영향연구에 크게 활용될 수 있다. 2006년 11월 23일 한국일보 보도는 한반도 기후시나리오에 따른 벚꽃 개화 예상일을 전자기후도에 의해 고해상도 지도로 표출한 사례를 소개하고 있다(Fig. 8).

2007년 2월 8일 IPCC 4차보고서 발표를 앞두고 따뜻한 겨울 및 지구온난화에 대한 시민의 관심이 고조되자 KBS1 9시뉴스에서는 우리가 제작한 전자기후도를 배경으로 기후변화에 관한 보도를 두 번째 머리기사로 방영하였다(Fig. 9).

III. 향후 추진계획

3.1. 전자기후도 제작

기온에 이어서 일사량과 강수량을 대상으로 30m 해상도의 전자기후도를 제작할 예정이다. 개선된 공간기후모형에 기상청 20개 일사관측소 자료를 적용함으로써 752개 표준구역에 대해 각각 평년의 월별 일사수광량 분포를 30m 해상도의 격자점으로 표현한 전자기후도를 제작하는 것이다. 일사수광량 분포도는 주변

에 장애물이 없는 수평면의 일사량이 아니라 주변 지형에 위한 그늘까지 고려한 임의 경사면의 실제 수광량으로서 그곳에 자라는 식물의 생육과 밀접한 관계가 있다.

불연속변량인 강수량의 공간기후모형은 기온이나 일사와는 근본적으로 다른 방법을 사용해야 한다. 가장 널리 쓰이는 PRISM 기법, 실험인 경우 강수레이더에 코 및 위성영상 등으로 개선된 공간기후모형에 기상청 56개 종관기상자료를 적용함으로써 구역별 평년의 월별 강수량/강수일수 분포를 30m 해상도의 격자점으로 표현한 전자기후도를 제작할 것이다.

3.2. 전자기후도 신뢰성 검증

2차년도부터 대표구역의 검증관측자료, 기존의 각 부처 AWS 및 연구용 관측망자료, 위성영상자료 등을 수집하여 기온공간변이를 파악하고 이를 전년도에 제작한 기온기후도의 신뢰성 검증에 활용할 것이다. 자료의 신뢰성은 특히 중요하므로 향후 기상청 기상지진 기술개발사업단과 환경부 환경기술개발사업의 지원으로 야외 검증관측실험을 대폭 확대할 계획이다. 일사

수평량의 경우 기존의 환경관리 및 농업용 AWS, 자체 검증관측망 등 실측일시자료와, 위성영상자료 등을 활용하여 2차년도에 제작된 일시기후도의 신뢰성을 검증한다. 마지막 연도에는 각 부처 및 지자체 수자원관리, 방재, 농업용 강수관측자료, 자체검증관측망 등 실측강수량자료와 기상레이더예보분석에 의해 3차년도에 제작된 강수기후도의 신뢰성을 검증하게 된다.

3.3. 전자기후도 활용연구

이미 1차년도말에 기온 전자기후도를 분양받은 국립 산림과학원에서는 산림생태과 임 종환 연구관의 주도로 산림생태지도 작성, 백합나무 적지 분석, 기후변화 시나리오에 따른 산림식생대 이동 예측 등 다양한 활용연구를 수행하고 있다. 또한 고려지농업연구소 환경보전과(과장 안 재훈)에서는 고령지의 농업 및 농촌환경(amenity) 평가사업에 전자기후도를 활용할 계획이다.

이미 전자기후도를 활용한 사과재배적지 탐색을 통해 가시적인 성과를 거둔 원예연구소에서는 사과 동해 위험지대 구분, 만개기 분포도 작성, 상해위험지대 구분도 작성 등 영농현장의 문제점 해결에 더욱 박차를 가할 계획이다. 이미 토양전자지도를 제작한 경험이 있는 농업과학기술원은 전자기후도와 토양전자지도와의 중첩분석에 근거한 적지제작기술 재검토, 기존 19개 농업기후시대구분성과의 정밀도 향상 및 디지털화 작업, 기후시나리오에 따른 재배지대 이동 예측 등 다양한 연구과제를 통해 전자기후도의 효능을 검증할 계획이다.

3.4. 실무자 교육훈련

1차년도에 제작한 단기훈련교재에 이어 내용을 더욱 보강한 중기 및 장기훈련교재를 집필하고 이를 토대로 전자기후도 활용 및 농업기상예보시스템 훈련프로그램을 운영할 것이다. 이 프로그램은 1차년도부터 참여한 시군 농업기술센터 농업기상담당요원을 주대상으로 반복훈련을 통해 전문가를 양성하게 된다. 궁극적으로는 단, 중, 장기 훈련프로그램을 국제수준으로 체계화 하여 기상청-산림청-농진청 합동조직인 국가농업기상센터(농업과학공동기기센터 설치 예정)에 상설화 하고 세계기상기구 농업기상훈련센터로 인정받는 것이 목적이다. 이렇게 기능승격이 되면 이 연구과제를 통해 개발된 성과물이 동북아시아는 물론 전세계에 전파되어 국가적 위상을 높이는 계기가 될 것이다.

3.5. 농업기상예보시스템

실황기후도 제작기술을 토대로 기상청 단, 중, 장기예보를 국지 경관규모의 기상정보로 변환하는 기술을 확보할 것이다. 기존의 농림생태계모형 가운데 소유역 규모에서 적용가능한 것을 선정하여 전자기후도 형태의 실황 및 예측기상자료에 의해 구동함으로써 토양수분, 증발산, 기상재해, 작황, 병해충 등을 필지단위로 예측할 수 있게 된다. 이 때 발생하는 방대한 분량의 전자기후도 및 파생산물(농업기상예보)을 체계적으로 관리하기 위해 공간데이터베이스 관리시스템을 설계하고 운영계획을 수립한다.

최종적으로 본 과제를 통해 개발된 기술과 제작된 산출물을 국가농업기상센터 및 미러사이트인 농림수산정보센터에 이전하여 자체역량으로 운영할 수 있도록 기술적 지원을 제공할 것이다. 서비스 제공 대상 시군은 현재 담당자가 연찬회에 참여하고 있는 20개 정도에 한정되며, 향후 서비스 제공을 요청하는 희망 시군에 대하여는 별도의 조건(예, 훈련참가 및 재원 조달)에 의해 농림수산정보센터에서 기술이전을 고려할 수 있다.

IV. 기대되는 성과 및 그 활용

4.1. 기술적 측면에서의 기대성과

전국의 기후자원을 840개 유역으로 나누어 30m 해상도(필지단위)로 정밀하게 파악할 수 있는 격자형 수치기후자료(grided climate data)가 제작된다. 이들 자료는 국가표준 지리정보규격에 맞추어 제작됨으로써 지리, 지형, 토양, 토지이용, 식생 등 기존의 공간자료와 중첩분석 및 통합관리가 가능하다. 따라서 전자기후도 단독 혹은 타 공간자료와의 중첩분석을 통해 주요 작물의 기상재해 위험도, 품질등급, 재배적부 등 전혀 새로운 지대구분도가 제작되어 기존의 아날로그형 지대구분도를 대체할 것이다. 기존의 아날로그형 기후도는 확대를 하더라도 새로운 정보를 얻지 못하지만(Fig. 10), 전자기후도는 설정된 최고해상도까지는 확대에 따라 계속해서 새로운 정보를 보여주며, 다른 공간정보와 중첩시킴으로써 부가 가치를 높일 수 있다(Fig. 11).

이들은 과거에 관측된 기후자료에 근거하여 제작되지만, 동일한 기술을 기상실황에 적용하여 유역규모에서 30m 해상도 혹은 필지단위로 국지기상의 실황, 나

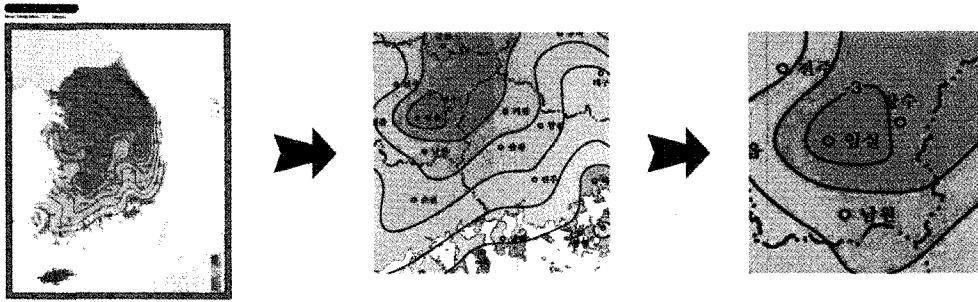


Fig. 10. A sample of traditional, analog climatic atlas showing no further information obtainable by zooming into a specific location.

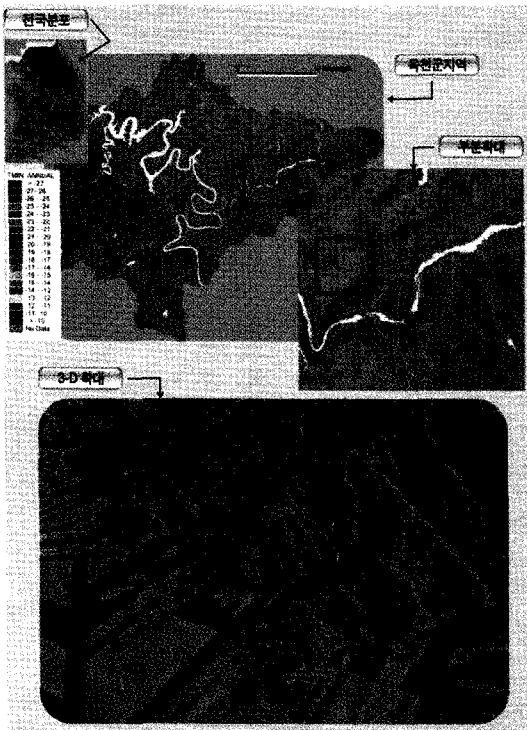


Fig. 11. Demonstration of a new way for displaying local climates through digital climate models, where site-specific informations can be obtained up to the highest resolution and other geospatial layers can be added for further spatial analysis.

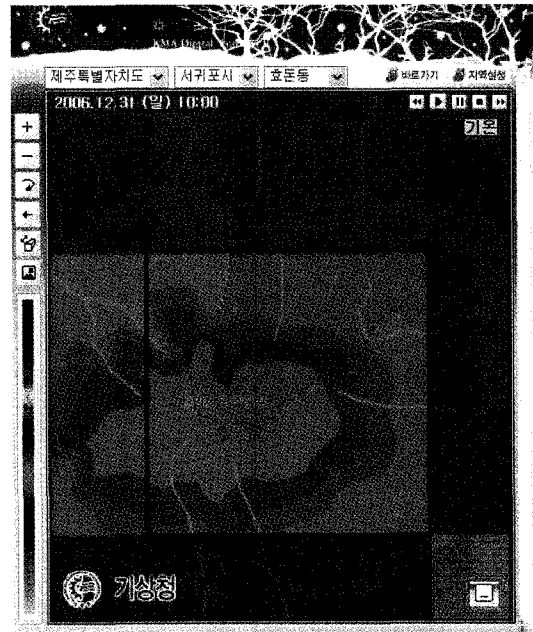


Fig. 12. A grid cell of 5 km by 5 km (red rectangle), which is the highest possible resolution provided by the Korea Meteorological Administration, is superimposed over the top of Mt. Halla. Diverse weather pattern is common in this small region depending on slope aspect and elevation, affecting directly to the vegetation.

아가 예보를 생산할 수 있다. 현재 기상청에서 시험을 영종인 첨단 디지털예보의 공간해상도는 5 km에 이르지만 지형이 복잡한 곳에서는 이마저도 미흡한 것이 사실이다. Fig. 12는 디지털예보에 의해 한라산 부근의 5 km 격자를 보여준다. 산 정상 부근에서 사면방위에 따라 얼마나 다양한 기상이 연출되는지는 등산을 해본 사람이면 누구나 알 수 있다. 정상부근의 서로

다른 사면에서 자라는 식물의 생태가 다른 것은 말할 나위 없다. 전자기후도기술은 기상청이 제공하는 디지털예보를 실생활의 공간규모에 맞게 조절하는 기술로 이해할 수 있다. 디지털예보가 현재의 대기과학기술에 의해 제공할 수 있는 최고 해상도의 기상정보이지만 실생활에 적용하기 위해서는 전자기후도 기술에 의한 보완이 필요하다는 뜻이다.

충분히 높은 공간해상도를 가진 기상자료를 이용하면 지금까지 점 단위(포장 혹은 개체)로 적용되어 온

농업모형을 지역규모로 확장시켜 유역 내 임의지점의 구동결과는 물론 공간변이를 알 수 있다. 즉 유역관리 의사지원수단으로 각광받는 각종 생태계모형(토양, 수자원, 식생, 환경오염, 작황, 병해충 등)은 대부분 기상자료 입력에 의해 구동되는데, 그동안 기상의 공간변이를 무시하고 유역 대표값으로 처리하여 모의결과의 현실성이 낮았지만 격자형 기후자료의 상시공급에 의해 획기적인 개선이 기대된다. 나아가 이같은 정보를 인터넷, 휴대폰 등 다중매체를 통해 수요자에게 직접 전달하는 농업기상예보시스템이 실용화 될 것이다.

4.2. 경제적산업적 측면

전자기후도는 농작물 재해보험 기준, 적지적작, 기후변화적응전략 등 정부차원의 농업업 입지계획에 활용될 수 있는 한편, 레저, 휴양, 관광산업 등 민간부문에서도 용도가 다양하여 제한적인 상용화도 가능할 것이다. 전자기후도는 이들 분야에서 이미 적용되는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 중요한 구성부분이 될 수 있다. 제주도에서는 공항에서 한라산 정상까지의 국지기상정보를 유비쿼터스 센서 네트워크로 수집하여 관광객에게 제공하는 서비스를 구상중인데, 전자기후도와 결합된다면 그 효과가 배가될 것이다.

농업분야의 경우 이론상 우리나라의 모든 농경지에 대해 필지단위로 매시간·매일의 기상자료가 자동으로 생산되어 토양유실, 수질오염, 가뭄예측, 작황분석, 병해충예찰 등 각종 의사지원정보가 만들어지므로 정보전달수단만 확보된다면 농민들에게 큰 도움이 될 것이다. 필지단위 정보는 다시 포장 내 공간변이를 탐색하는 정밀농업기술의 발전에도 크게 기여할 수 있다. 세계기상기구 보고에 의하면 전자기후도 기반의 농업기상예보는 생산물의 품질개선 및 수량증대, 재해 및 환경오염 경감, 에너지 절약 등을 통해 사용자 및 정부에게 투입된 비용 대비 최소 20배 이익을 가져다준다.

무엇보다도 전자기후도는 유역별로 준비되므로 크고 작은 유역에 의해 구성되는 국토의 종합관리에 유리하다. 수질오염, 토양오염 등 많은 환경문제가 유역단위로 발생하며 그 해결방안 역시 유역단위로 마련되어야 하므로 전자기후도는 국토의 유역단위 통합관리에도 기여할 것이다.

4.3. 활용방안

평년기후도, 실황기후도, 생물계절분포도, 농업기후

구분도 등 모든 산출물은 표준규격의 공간데이터베이스로 제작하고, 메타데이터와 함께 관련기관(농업, 비농업)에 공개하여 기존의 공간정보(토양, 수자원, 생태, 지리)와 함께 유역단위 환경관리 및 농림경영 의사지원용도의 활용을 촉진할 것이다. 전자기후도 혹은 농업기상예보의 영리목적 활용을 요청받을 경우에도 기술료 징수 등 필요한 절차를 거쳐 공개하겠지만 방대한 분량의 데이터베이스를 효율적으로 관리하기 위해서는 기상청·산림청·농촌진흥청 합동근부조직인 국가농업기상센터에 main site를 두고 한국농림수산정보센터에 mirror site를 설치하여 전자기후도 기반의 농업기상예보서비스를 초고속인터넷, 휴대폰, 위성통신 등을 통해 상시 운영하는 것을 원칙으로 한다.

V. 결 언

농학의 근간을 이루는 것이 토양, 기후, 품종 그리고 재배기술이라는 것쯤은 농과대학이 생명과학대학으로 개명하기 전에 농대를 나온 사람이라면 전공불문하고 누구나 알고 있는 사실이다. 그 때는 농대입학생이면 반강제로 수강했던 농학원론(Principles of Agronomy)의 첫 부분에 나오는 내용이기 때문이다. 농학을 기반으로 직접 토지에서 작물을 재배하고 수확하는 생산농업은 당연히 토양과 기후를 떠나서 생각할 수 없으며, 여기에 종사하는 사람들만이 순수한 농민이라고 할 수 있다. 이들은 개인적인 의도와는 상관없이 귀중한 국토경관을 보존하고 국가의 식량안보를 책임지는 막중한 공익적 기능을 다해 왔다. 지금은 가공, 추출, 유통, 판매 등 농산물을 대상으로 하되 토양, 기후와 무관한 부가산업이 오히려 생산농업을 체치고 농업의 대표주자로 나서며, 여기에 종사하는 사람들도 '농업인'이란 범주에 들어간다. 나아가 이 땅의 농민들이 가꾸지 않은 농산물을 재료로 한 제품의 생산판매를 통해, 개인의 이익을 추구하는 사람들까지 이제 '농업관련기업인'으로 대접받고 있다. '공익을 위해, 나라를 위해 학문과 기술을 익혀온(學農爲世)' 대다수 농학도들이 자기정체성의 혼란에 빠질만한 현실이다.

지역특화농업과 전문농업인 양성을 부르짖을 만큼 농업의 전문화가 필요한 시점에 만약 농민으로 하여금 자기가 생산한 농산물을 가공, 유통, 판매까지 책임지라고 옥박지른다면 전문성은 언제 확보할 것인가. 이는 채탄장의 광부에게 연탄을 찍어서 서울시내 배달까

지 강요하는 것과 다를 바 없으며, 고기 잡는 어부에게 통조림까지 만들어 수퍼진열대에 올리라는 것과 같은 일이다. 축구경기에서도 모든 포지션을 소화해내는 멀티플레이어가 필요하지만 모든 선수를 다 멀티플레이어로 만드는 비효율성은 없다. 농사는 농민에게, 장사는 상인에게 맡기고 이들이 얻는 이익을 조정하여 조화롭게 국가경제에 기여하도록 하는 것이 정부의 할 일이다. 지금 이 사회가 필요로 하는 사람은 설익은 '농업인'보다는 전문화된 농민이며, 이들을 위해 반드시 필요한 것이 토양전자지도와 전자기후도임을 자신있게 주장한다.

현실적으로, 만약 남북한 간에 통일이 된다면 생산 농업은 국가경제의 발목을 잡는 천덕꾸러기가 아니라 국토보전과 식량안보 측면에서 통일한국의 기반을 안정시키는 효자노릇을 할 것이다. 하지만 통일 후에 북한에서 똑 같은 실수를 되풀이해서는 안 된다. 수도권 의 잘 정비된 계획도시와 주변 난개발지역을 둘러보면 입지계획이 얼마나 중요한 것이며 그 영향이 얼마나 오래 가는 것인지 쉽게 알 수 있다. 농도가 친환경적 입지계획 하나 없이 개인의 이익에 따라 그 용도가 매겨진다면 북한의 농업 역시 남한도시의 난개발과 다를 바 없을 것이다. 기초체력이 튼튼한 농업, 철저한 입지계획에 기반을 둔 농업이 아니라면 지금 남한에서 보고 있는 피폐한 농촌이 북한에서도 재현될 수 있다. 이런 실수를 되풀이 하지 않기 위해 북한 구석구석의 토양특성과 기후특성을 살살이 보여주는 토양전자지도와 전자기후도는 지금부터 준비해야 할 가장 중요한 통일대비물목이다.

적 요

자연은 잘 이용하면 자원이지만 잘못하면 재해가 되는 이중성을 갖는다. 작목선택, 작부체계, 비배관리에 기후, 토양, 물자원 등 환경정보 활용이 필수이며, 환경정보를 잘 활용하면 자원 활용도를 높여 수량과 품질 개선, 자연재해-에너지소비-오염 경감에 기여한다. 이러한 관계를 잘 알고 있기 때문에 어느 나라에서나 환경정보를 관리하는 부처가 존재한다. 시민생활의 안전과 행복을 위한 일기예보를 위시하여 산업, 교통, 국방을 위한 특수한 기상정보가 기상청에 의해 제공되나, 식량안보와 국토보전의 막중한 임무를 띤 농업분야의 특화된 기상정보는 없다. 이러한 현실인식을 바

탕으로 농림부는 '전자기후도 기반 유역단위 농업기상 예보시스템' 사업을 2006년부터 4년간 경희대학교와 한국농림수산정보센터가 공동으로 수행하도록 지원하고 있다. 이 사업은 지난 수년간 크게 발전한 공간정보기술과 소기후추정기술을 이용하여, 1) 전국 840개 표준유역별로 30m 해상도의 전자기후도를 제작함으로써 농업기후자원을 필지단위로 정확히 파악하며, 2) 기상청 디지털예보를 기반으로 농업기상예보 해상도를 영농규모 수준으로 높여서, 3) 적지적작, 적지적수 및 유역규모 생태계관리의 의사지원수단을 제공함을 목적으로 한다. 사업성과는 기상청-산림청-농촌진흥청 합동 조직인 국가농업기상센터에서 활용하며 시군 자치단체는 한국농림수산정보센터의 기술이전에 의해 독자적인 시스템을 구축할 수 있다. 모든 정보는 초고속인터넷, 휴대폰, 위성통신 등을 통해 수요자에게 배포될 것이며, 이를 통해 우리의 농업기상서비스는 전통적인 발산단계를 뛰어넘어 단번에 선진국 수준에 도달하게 될 것으로 기대된다.

감사의 글

연구에 필요한 편의와 자료를 제공한 기관 및 참여 연구원들에게 감사드립니다. 경계층 관측용 특수장비를 대여해준 서울대학교 농업과학공동기기센터, 공간자료 및 소프트웨어를 제공한 (주)선도소프트, 전자기후도 활용연찬회에 참가한 농업기상전문지도연구회 여러분에게 특히 감사드립니다. 이 연구는 농림부 농림기술개발사업의 지원으로 이루어졌다.

REFERENCES

- Choi, J., U. Chung, and J. I. Yun, 2003: Urban-effect correction to improve accuracy of spatially interpolated temperature estimates in Korea. *Journal of Applied Meteorology* **42** (12), 1711-1719.
- Chung, U., and J. I. Yun, 2004: Solar irradiance-corrected spatial interpolation of hourly temperature in complex terrain. *Agricultural and Forest Meteorology* **126**, 129-139.
- Chung, U., H. H. Seo, K. H. Hwang, B. S. Hwang, J. Choi, J. T. Lee, and J. I. Yun, 2006: Minimum temperature mapping over complex terrain by estimating cold air accumulation potential. *Agricultural and Forest Meteorology* **137**, 15-24.
- Daly, C., R. P. Neilson, and D. L. Phillips, 1994: A statistical-topographical model for mapping climatological precipi-

- tation over mountainous terrain. *Journal of Applied Meteorology* **33**, 140-158.
- IPCC, 2007: *Climatic Change 2007: The Physical Science Basis*. Summary for Policy Makers. 18pp.
- Regniere, J., B. Cooke, and V. Bergeron, 1996: *BioSIM: A Computer-Based Decision Support Tool for Seasonal Planning of Pest Management Activities. User's Manual*. Canadian Forest Service Info. Rep. LAU-X-116. 50pp.
- Running, S. W., R. R. Nemani, and R. D. Hungerford, 1987: Extrapolation of synoptic meteorological data in mountainous terrain and its use for simulating forest evaporation and photosynthesis. *Canadian Journal of Forest Research* **17**, 472-483.
- Yun, J. I., 2004: Visualization of local climates based on geospatial climatology. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **6**, 272-289.