농업기상 예측 및 정보전달 시스템

이병렬
기상청

AgroMeteorological Prognosis and Information Communication System

Byong-Lyol LEE
Korea Meteorological Administration
E-Mail : bllee@kma.go.kr

Abstract

This paper is to introduce recent collaborative activities in agricultural weather information services among institutions in Korea as well as key concepts for understanding agrometeorological services. KMA and RDA have agreed upon the establishment of the Joint Committee for Agrometeorolgy at national level to strengthen the national agrometeorological services in data collection, information production, research, and services to end-users of agrometeorological information in Korea. Several on-going joint projects in agrometeorology by RDA/KMA are introduced in brief. The projects being developed are : Strengthening of the Joint Committee of Agrometeorology, Extension of observation network for agricultural weather, Production of the detailed agrometeorological information based on numerical weather forecasts, Development of seasonal and interannual weather forecasts for agricultural applications, Information network system for supporting agrometeorological research, and Improvement of agrometeorological information services at national and regional level. Strengthening of programs for the education and training of agrometeorologists will be impending responsibilities of the government. The government must consider establishment of organizations dedicated to and in charge of national agrometeorological services to end-users. RDA and KMA should play a major role to obtain this goal, based on a close cooperation with universities, scientific societies, and other relevant institutions. If this plan is successful, major infrastructures and services in agrometeorology shall be established in the next 5 years, and we can contribute to regional and

global societies through sharing experiences and know-hows.

1. 서 언

앞으로의 농업은 절대생산성의 안정적인 유지 외에도 가용자원의 지속적인 개발과 효율적인 활용을 전제로 영위되어야 하기 때문에 아무리 사용하여도 고갈되지 않는 기상자원이야말로 21세기 지속농업의 구현을 위해 우리가 그 이해의 폭을 넓히고 효용성을 증대하여야 할 중요한 자연자원인 것이다. 농업분야에서 기상이 자원이냐 재해이냐는 결국 우리의 노력여하에 달려 있으며, 이는 곧 농업기상정보가 앞으로의 지식정보화시대에서도 우리 민족의 식량안보를 위해서 그 중요성이 더욱 커지고 있는 국가자연자원으로 인식되어져야 함을 의미하는 것이다.

세계기상기구(WMO)는 21세기 지속농업 구현을 위한 농업기상의 역할 중 우선 순위가 높은 분야로 농업기상정보망의 개선 및 강화, 현장활용을 위한 농업기상정보의 자료원 개발, 기후변화와 변동에 대한 이해의 증진, 계절 및 연차간 기후예보의 활용 촉진, 악기상 조기경보 및 감시시스템의 확립과 강화, 지리정보시스템, 원격탐사 등 첨단기술의 활용 촉진, 및 영농시스템, 산림, 축산의 지속발전적 관리를 위한 농업생태계 지대구분 등을 들고 있다. 기타 농업기상 관련분야에서 중요성이 높은 분야로는 농업기상정보의 배분을 위한 방법과 과정 및 기술력의 향상, 기후변동과 변화에 대한 농업기상학적 대응전략의 개발, 기후변화영향 저감대책의 수립, 농업생태계 및 작물수량예측 모형의 보다 적극적인 활용, 현장적용 위주의 전술적 활용기술의 적극적인 개선 및 농업기상학에 대한 이해의 증진을 꼽고 있다(WMO, 1999).

농업기상의 현장활용 분야로는 크게 농업기상 현상감시, 작물생산환경평가, 기상관련재해경감, 축산생산환경관리, 가축위생질병방제, 농업기후자원평가, 토양자원관리, 농업수자원관리, 개별영농관리, 기상기후조절, 산림기상지원, 기상기술서비스 제공을 들 수 있다. 현장 활용성이 높은 농업기상정보를 생산 제공하기 위해서는 우선 주요 농업기상요소에 대한 관측, 수집, 품질검사와 저장 등을 거치는 농업기상 자료생산이 효율적으로 이루어 져야 하며, 이들 자료를 가공, 분석, 평가하여 농업기상 예측 또는 예보정보를 작성하는 농업기상정보 생산과정이 필요하다.

농업기상정보의 작성을 위해서는 기상정보 외에도 작물, 가축 등에 관한 농업관련정보의 수집이 필요하다. 이들 농업기상정보는 문서, 방송매체, 전화, 전산망 등을 통하여 최종수요자에게 배분되어 영농활동이나 정책수립에 반영되어 활용된다. 한편 최종사용자는 활용분야, 목적, 기대효과 등 농업기상정보의 현장활용 결과에 대한 의견이나 경험을 개발자에게 통보함으로서 직접적으로 정보개발에 참여하여 정보의 현장 활용성 제고에 기여하기도 한다.

이러한 일련의 농업기상정보의 활용체계는 농업생산의 공익성과 공공성을 고려

하여 거의 모든 국가에서 국가기관이 주도적으로 운영하고 있다. 효율적인 국가 농업기상지원체계를 갖추기 위해서는 적정 인력과 예산이 뒷받침되는 전담조직이나 상설기구가 필요하고, 또한 현장 활용성이 높은 고부가가치 농업기상정보의 생산을 위해서는 높은 수준의 기술력을 함양 유지하기 위한 농업기상 연구지원기능과 함께 유관기관간의 긴밀한 협력체계 확립, 적절한 농업기상 교육훈련과정의 운영, 뛰어난 시설과 장비 등이 고루 갖추어져 있어야 한다.

2. 농업기상 예측

농업기상분야에서의 예보는 크게 영농활동을 지원하기 위한 「농업 일기예보」(Forecasts for Agriculture)와 농업기상학적인 예찰(병해충), 전망(수분수지), 또는 예측(작황)과 같은 「농업기상 예보」(Agrometeorological Forecasting)로 구분되어진다(WMO, 1980). 「농업일기예보」는 일반적인 농업활동에 영향을 미치는 기상에 대한 예보이며, 「농업기상 예보」는 기상과 밀접한 연관성이 있는 농작물, 가축, 수목류의 반응자체에 대한 예측(Prognosis)을 일컫는다. 여기에서는 해석상 다소 무리가 있기는 하나 "농업기상 예측" (Agro-meteorological Prognosis)을 「농업 일기예보」와 「농업기상 예보」를 포괄하는 광의의 의미로 사용하고자 한다.

가. 농업 일기예보

필요성 및 기본요소

농업 일기예보는 농업을 지원하기 위하여 발표하는 전문화된 기상예보를 말한다. 현대 농업경영이 점차 상세하고 정확한 기상요소예보에 의존함에 따라 필요성이 증대되고 있다. 기상정보는 다양한 농작업 결정을 하는데 활용되는데, 전략적인 결정(장기)과 전술적인 결정(단기)을 내리는데 모두 필요하다.

농업 일기예보에는 농사계획이나 작업에 즉시 영향을 미치는 모든 기상요소가 포함되어야 한다. 요소의 종류는 장소, 계절에 따라 변화하지만 중요한 요소는 다음과 같다. (a) 운량, 일조율, (b) "날씨" 및 강수확률, (c) 온도, (d) 바람, (e) 습도, (f) 이슬, (g) 건조상태

농업 일기예보의 종류

1) 특정 농업일기예보

특정 농업일기예보는 임의의 특정 결정을 내리려는 농부의 의사결정을 지원하기 위해 필요한 기상자료를 제공한다. 특정예보는 일반적으로 매일 한 번씩 특정목적을 위해서 발표하고, 대개 12~24시간 예보이지만 필요할 경우 전망을 발표하기

도 한다. 보통 파종, 농약살포, 경작, 수확, 보관, 건조뿐만 아니라 작물과 그 입지 선정 등에 관련된 여타 기상관련 농업문제 해결에 도움을 주기 위해 발표된다.

2) 농업 기상특보

일반 농업일기예보와 달리 악기상 또는 병해충발생으로 인한 피해를 최소화하기 위한 목적으로 발표되는 특보는 식물병리학, 농학 및 곤충학분야 전문가와 공동으로 특보로 발표된다. 예를 들어, 작물 병해충발생에 효과적으로 대처하기 위한 과거와 미래의 기상조건에 근거한 약제살포시기에 대한 권고, 작물의 최적 수확시기 및 기상변화에 민감한 영농작업에 대한 권고 등이 있다.

3) 확률예보

영농활동에 가장 결정적인 영향을 미치는 중요한 기상요소의 발생확률과 연관된 예보이다. 예상되는 악기상 현상에 대해 농부는 손실 가능성과 이에 대한 방어대책이나 예방수단 에 드는 비용을 비교 검토하여 대응방안을 결정하게 된다. 절대예보(*Categorical forecast*)는 관련 기상현상의 위험도를 나타내지는 않는데 반해 확률예보에 의한 악기상 발생 위험율은 영농작업 의사결정을 하는 데에 매우 유용하게 활용된다.

4) 일반 일기예보

일반 일기예보는 다양한 농작물이 재배되고 있는 보다 넓은 지역을 대상으로 발표된다. 이 예보는 기상요소와 인자에 국한되는데, 최고·최저기온, 강수 양상, 강수기간과 강수량, 운량 및 풍향·풍속 예보를 포함한다. 예보는 모든 이용자가 그 정보를 이해할 수 있는 일관된 양식과 간편한 언어로 발표된다. 일반예보는 작물 혹은 농작업에 미치는 기상의 영향에 대한 해석은 포함되지 않는다.

5) 일일(단기)예보

단기기상예보는 농축산과 관련된 작업결정을 하는데 중요한 역할을 한다. 농작업과 관련된 일일기상 정보의 활용성 제고를 통해 생산비용의 절약과 해충방제, 관개, 수확, 저장 및 판매시 발생될 수 있는 손해를 줄일 수 있다. 첨단전산기술의 도입을 통해 정확도가 향상된 기상예보는 효과적인 농작업을 지원하기 위한 단기 기상예보의 정확도를 향상하는데 크게 기여하였다.

6) 주간예보

5~7일 예보는 농작업을 계획하는데 유용하게 사용될 수 있다.

7) 월간 및 계절 전망

한달 또는 계절에 대한 기상전망은 대개 평년에 비해 어느 정도의 변동이 있을 것인가를 상대적으로 나타내게 되며, 여기에 상세한 기상예보는 포함되지 않는다. 중기 및 장기 기상예보에 대한 기술은 아직도 연구 실험단계에 머무르는 수준이므로 이용시 주의를 기울여야 한다. 그럼에도 불구하고 정확한 월간 및 계절 기상예보는 농업에 커다란 도움을 줄 것으로 판단되므로 이 분야의 연구개발에 더욱 큰

노력을 기울여야 할 것이다.

8) 누적 관측

토양수분, 지중온도 및 생물기후와 같은 누적관측은 엄밀한 관점에서 예보가 아니지만, 이들은 영농활동 결정을 위한 유용한 기본자료를 제공하고 효과적으로 다른 예보자료와 연계 활용할 수 있다.

농업 일기예보 예시

1) 농약 살포를 위한 예보

"오늘과 내일은 풍속이 농약 살포하기에 대체로 적당할 것으로 예상된다. 오늘 풍향은 평균적으로 변하고 풍속은 2~4 m/s로 범위로 불다가 오후에는 남풍이 4~6 m/s로 불겠다. 온도는 내일 27℃를 넘을 것 같다. 따라서 농약과 전착제를 혼합하여 살포하는 것이 좋을 것이다."

2) 산불 위험예보

"오늘은 강한 바람과 낮은 습도 때문에 산림화재 발생 위험성이 크다. 따라서 모든 통제입화도 비가 내릴 때까지 중단해야 한다. 앞으로 며칠동안 전국적으로 비가 내리지 않을 경우에는 화재위험도가 매우 높으므로 벌채작업도 중단해야 할 것이다."

나. 농업기상 예보

「농업기상 예보」는 현재 또는 앞으로의 작황평가와 관련이 있다. 즉 작물의 발육단계와 수량성, 파종밀도, 재배입지, 재배면적과 같은 생산에 영향을 미치는 요소에 대한 예보를 말한다. 이러한 농업기상 예보는 농작업에 영향을 미치는 기상요소(서리, 화재, 우박, 호우)를 주로 다루는 "농업 일기예보"와는 구별되어야 한다 (WMO, 1980).

기본원리

농업기상 예보는 미래의 농작업을 예측하기 위해 기상예보값을 이용하는 것이 아니라 실제 과거 및 현재의 실측된 기상/기후자료를 사용하기 때문에 일기예보가 포함되지 않은 작물예보라고 불리어 진다. 이와 같은 농업기상 예보는 ⓐ 현재 작물 및 환경이 지니고 있는 타성의 지속성과 ⓑ 현재 및 과거의 기상조건에 대한 작물이 지니고 있는 타성의 의존성에 그 원리적 기초를 두고 있다.

농업기상 예보는 농업기상의 독립변수(강수, 온도, 상대습도) 및 유도변수(토양수분지수, 대기수증기압)로부터 예측된 종속변수(수확, 개화일 등) 사이에 존재하는 통계적 상관관계에 기초를 두고 있다. 독립변수 및 예보인자는 축적된 농업기상 경험과 직관력에 의해서 선택할 수 있으며, 여러 변수가 상호 연관된 경우에는 다중

회귀분석에 의해 주요 독립변수를 선택하게 된다. 이 방법은 실용적인 접근법이기는 하나 때로는 경험적 자료의 입력이 필요한 경우도 있는데 이는 복잡하게 얽혀 있는 여러 환경요소가 대상 작물인자에 미치는 종합적인 영향에 대한 근원적인 이해의 부족 때문이라고 할 수 있다. 따라서 인과 관계에 대한 설명이 충분치 못하므로 이러한 방법은 앞으로 계속 연구되어야 할 과제로 남아 있다.

또한 동일한 농업기상 변수라도 토양특성, 지형, 기후, 재배지 등이 제한적인 특정지역에서만 공간적 동질성을 가지므로 다른 지역에는 적용되기 어렵게 된다. 그러므로 예보관계식(선형 또는 2차 방정식)도 지역에 따라 달라지게 된다. 이러한 공간변이에 기인한 범용성 부족을 극복하기 위해서는 철저한 물리적, 생물학적 상호연관성의 이해가 필요하다. 이러한 관계 규명을 위해서는 추가로 환경요소에 대한 정밀관측(예 : CO_2, 열 및 수증기의 플럭스)이 필요하게 된다.

농업기상 예보의 정확성

현재의 기상 조건은 이후에 이어지는 식물 발육단계, 생장 및 수량을 결정한다. 그러므로 농업에 중요한 기상요소의 실지 관측은 농업기상 예보를 위해서 매우 유용하며, 정규 기상예보에 근거한 예측보다 더 정확한 예보에 유효한 기초를 제공한다. 중장기 기상예보기술은 아직까지 현장에서 직접 이용할 수 있을 정도의 정확도에는 미치지 못하고 있으며, 농업기상예보의 정확성은 다음 조건에 달려 있다. ⓐ 초기관측이 얼마나 지역상황을 잘 표현하는가? ⓑ 지역환경조건(기후, 토양특성 등)이 얼마나 균일한가? ⓒ 관측이 얼마나 정확한가? ⓓ 농업기상 활용모델이 예보하고자 하는 농업기상변수의 변화에 얼마나 민감한가?

농업기상 예보의 예시

1) 생물기후 예보

작물발육단계의 일수에 관한 예보 등을 생물기후예보라 하는데, 예를 들어 과일나무 개화시작시기의 예보나 과일의 성숙기 예보는 서리방지 작업, 인력수급 및 시장출하에 대한 영농계획을 수립하는데 유용하다. 작물보호에 있어서도 주요 작물의 발육단계(예: 분지, 출수, 개화, 성숙)의 예상시기 예보는 토양수분상태 및 수확시기의 평가와 관계가 깊다.

원칙적으로 기상자료를 이용한 작물 발육단계의 추정에는 두 가지 방법이 사용된다. 첫째는 식물의 온도에 따른 발육반응과 관계가 있는 도일(degree day)로 기후자료에 기초를 둔 예상온도를 이용하는 방법이며, 둘째는 생육초기에 발생되는 작물 발육단계 추정에 생육전기에 얻어진 기상자료나 생물기후관측을 이용하는 방법이다.

도일개념의 접근법은 주어진 식물종이 한 생육단계로부터 다음 생육단계로 넘어가기까지 기온 분포에 관계없이 매일의 평균온도(Tm)의 적산과 관련된다는 가정을 하고 있다. 일반적으로 임계온도(a)와 기여도와의 관계는 Tm-a이며, Tm < a 이면 (Tm - a) = 0 이 되고 여기에 일장을 인자로 도입하기도 한다.

두 번째 접근법은 생육초기에 관측된 몇몇 생물기후현상이나 기상자료(X)에 근거한 추정으로 생물기후 또는 주기일수(Y)를 관련시켜 Y = a + bX와 같은 경험식을 사용한다. 기준온도는 정확성보다는 상대적인 활용성을 높이기 위한 방향으로 선정 사용 되어왔다.

2) 월동 예보

예상되는 월동조건 및 봄에 나타날 겨울작물의 작황에 대한 장기예보는 많은 나라에서 매우 중요하게 여겨지고 있다. 이 예보에는 불리한 겨울철 기상조건이 예상되는 지역뿐만 아니라 봄에 부분적 또는 전체적으로 재파종이 필요한 겨울 흉작지도 언급이 된다. 지역단위 작물수량 및 생산량 추정을 위해서는 불리한 겨울조건으로 인해 예상되는 작물피해나 손실율을 알아내는 것은 매우 중요하며, 서리피해 위험지역을 추정하기 위한 추정방정식 및 월동상태 예보방법이 활용되고 있다.

3) 토양수분예보

지중 토양수분 함량에 대한 예보나 평가는 영농관리자 및 농정기관에 커다란 도움을 주게 된다. 이러한 예보는 대개 기후학적인 물수지법이나 경험회귀식에 기초를 두고 있다. 토양수분상태 평가는 토양수분 측정법을 이용하거나 과거 및 현재의 기후자료(예: 강수, 복사, 온도, 바람)를 기초로 수행된다. 현재의 추정값으로부터 외삽 추정하고자 할 경우에는 수분수지식상에서 오랜 기간에 걸쳐 조사된 평균값이나 기상통계값을 이용하면 되고, 다른 한편으로는 다른 농업기상변수와 토양수분 측정자료의 통계적 분석에 의해 작성할 수도 있다.

4) 수확량 예보

제공 중인 농업기상 예보 중 경제적으로 가장 중요한 것은 작물수량에 대한 농업기상예보이다. 이 방법은 많은 나라에서 주요 작물에 대한 수확량 예보를 할 정도로 최근 10 ~ 15년 사이에 매우 빠른 발전이 이루어졌다. 대부분 활용 중인 수확량예보모델은 국제무역에 있어서 교역 및 세계식량공급에서 중요한 역할을 담당하는 일년생 곡물에 대한 것들이 대부분이다. 작물수량에 미치는 기상 및 기후영향을 모형화하는 데에는 ⓐ 대표적인 식물 또는 식물 군락에서 일어나는 미세한 기상 변화로 인하여 발생하는 생리학적 과정을 설명하기 위한 작물-생장 모의실험, ⓑ 선정된 농업기상변수에 대한 작물반응을 분석하는데 필요한 작물-기상분석 모형, 및 ⓒ 회귀모형 중 계수 추정을 위해 동일한 지역의 기상 및 토양자료 표본을 이용하는 경험-통계적 모델 등 3가지 접근법을 들 수 있다.

3. 농업기상 정보전달 체계

가. 농업기상정보

농업기상정보의 특징

농업기상정보란 농업기상의 목표인 환경친화적인 지속농업의 구현을 위한 농업생산성의 효율화와 농업자원의 합리적인 관리를 달성하기 위해 필요하거나 유용한 모든 형태의 정량화된 관련정보를 지칭하며, 이에는 기상관련자료는 물론 관측, 수집, 가공, 저장, 분배, 평가, 보완에 이르는 방법과 수단, 도구, 기술까지를 포함한 농업분야에 활용이 기대되는 광의의 기상관련정보와 그 결과물을 총칭한다(Lee, 1999).

농업기상정보의 기본 가치는 정보제공시기가 적절한지에 대한 적시성, 농업현장에서 곧바로 이용할 수 있는 정보인가에 대한 즉응성, 앞으로의 변화에 대한 정보가 포함되어 있는지에 대한 예측성, 재해측면과 자원측면의 상이한 척도에 의한 양면성 등에 의해 평가할 수 있다.

농업기상정보 생산

농업 현장활용, 그리고 이에 대한 평가와 연구를 위해서는 다양한 학제적 체계를 갖춘 고품질의 농업기상정보의 생산이 요구된다. 농경지 기상환경에 대한 기본적인 정보를 축적하기 위해서는 대부분의 나라가 정규기상관측망 외에도 농업기상관측장비를 설치하여 운영하고 있다. 자동기상관측 및 가공을 위한 신기술과 관측자료의 밀도향상에 필요한 기타 정보도 그 중요성이 높아지고 있으며, 최근에는 첨단기술분야인 레이다(RADAR), 위성기술, 지구측위체계(GPS) 등 원격탐사기술로부터도 농업기상정보를 생산하고 있다. 농업분야에서의 농업기상 정보생산 능력을 향상시키기 위해서는 이러한 첨단신기술의 활용이 앞으로 더욱 필요하게 될 것이다.

농업기상정보를 생산하는 데에는 기상과 기후자료 외에 통계분석 및 모의모형의 구동에 필요하거나 또는 이들로부터 산출되는 농업관련정보 역시 매우 중요하다. 이러한 농업자료는 기상자료와의 효율적인 연계를 위해 일정기준의 표준을 따르는 양식으로 적절하게 변환되어 사용되게 된다. 지표면 또는 경지에서 관측된 기상자료로부터 이를 가공, 분석하여 생산된 농업기상정보는 적절한 품질검사를 거친 후, 사용자에게 전달되어 농업현장에서 활용되므로 최종사용자에게 올바른 정보를 제공하기 위한 정보의 배분공유기술의 중요성도 매우 크다(김광식 외, 2000).

농업기상정보의 변천

90년대 이후 다양한 첨단 전산기술들이 농업기상분야에도 활발하게 접목되어 이용되기 시작하였다. 농업생태계 평가를 위한 국지단위 모의모형의 활용, 원격계

측정보의 활용 등은 농업분야에서 널리 활용되고 있는 첨단 신기술의 대표적인 사례가 되고 있다. 이러한 신기술들은 농업기상정보를 생산할 뿐만 아니라 가장 중요한 환경정보원으로 농업기상정보를 필요로 한다. 또 다른 첨단기술로는 지리정보시스템을 들 수 있는데 농업분야에서는 주로 국지단위 환경 및 자원관리 문제 해결을 위해 필요한 의사결정지원시스템이나 전문가시스템 개발을 위한 근간기술로 널리 활용되고 있다(윤진일, 1999).

이와 같은 신기술과 관련된 최근의 농업기상정보는 기존의 표준기상관측자료로부터 파생 또는 유도되는 농업기상정보에 비해 보다 다양하고 복합적인 특성을 지니게 되었다. 따라서 농업기상정보의 개념도 과거의 단순지수개념에서 벗어나 이와 같은 신기술에 적합한 형태의 보다 상세한 시공간 해상력은 물론 기존의 종관 및 기후요소와 함께 에너지수지 관련 요소를 이용하는 데까지 확대될 필요성이 커지고 있다. 한편 효율적인 농업기상정보의 수집과 배분을 위한 통신망은 물론 실시간 기상정보 공유기술, 사용자와의 양방향 정보교환을 위한 인터페이스 등도 앞으로는 광의의 농업기상정보에 포함시켜야 할 것이다.

나. 농업기상정보 활용

활용가능분야

농업기상정보는 국가 식량안보의 해결, 농가경제수단, 국가자원관리 및 환경보전 등의 목적으로 활용된다. 단순지수화하여 직접 농업현장에서 활용하는 방법과 농업관련 시뮬레이션모형의 초기입력자료, 농업분야 의사결정지원시스템의 매개변수, 전문가시스템의 환경변수, 영향평가시스템의 기초자료로 활용될 수 있다. 농민의 경우 합리적 영농관리를 통해 농업 생산성과 안정성의 제고시키기 위한 적정 작부체계의 선정, 품종 및 재배시기의 선택과 병해충, 잡초방제, 관배수 관리 및 수확건조 계획 등 영농계획의 수립에 크게 활용될 수 있다(이병렬, 2000).

국내 활용 분야

1) 농작물생육추정

생장모의에 의해 전국의 농작물 작황을 신속하게 진단하고자 농촌진흥청 작물시험장, 각 대학의 농업기상 관련연구실 등에서는 농업기상정보를 활용하여 주요 작물별 생육 및 수량을 예측하고 있다. 특히 농업과학기술원에서 운영 중인 "작황예보센터"는 전국 주요 농경지의 국지기상을 감시하고 이를 토대로 벼, 감자, 콩 등 식량작물의 생육상황을 손쉽게 진단하는 기술을 실용화하는데 많은 노력을 기울이고 있으며 인터넷상에서 서비스를 제공하고 있다.

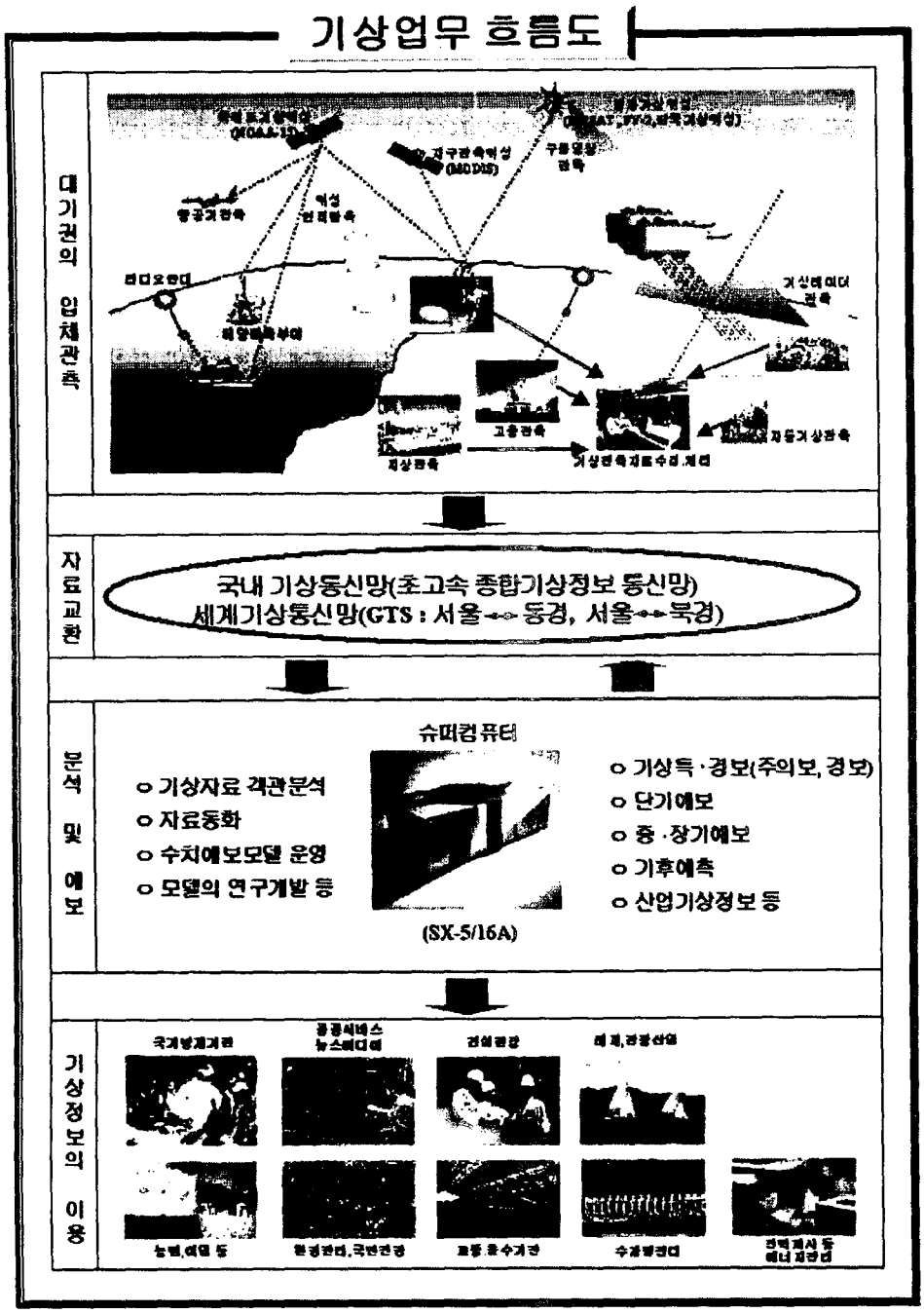


Fig. 1 Schematic diagram of meteorological information services at Korea Meteorological Administration(KMA)

2) 병해충예찰

작물의 병과 해충의 발생과 피해정도는 경지의 기상환경과 밀접한 상관관계를 보이고 있어 병해충의 효과적인 방제를 위해 기상정보를 이용한 병해충 발생 예측 모형이 널리 사용되어 오고 있다. 기상청과 농촌진흥청의 농업과학기술원, 서울대 농업생명과학대학, 경상대 농과대학 등 각 농과대학에서는 모의모형을 이용하여 농작물 병해충에 대한 발생예측기술의 실용화를 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 한편 농촌진흥청에서는 전국 각 지역에 병해충예찰포를 운영하고 있으며 예찰정보와 예측모형의 결과를 바탕으로 농업과 환경을 조화시키는 병해충 방제를 실천하고자 전문가로 구성된 병해충 예찰회의를 통하여 병해충 발생상황을 정밀분석, 검토하고 예보, 주의보, 경보로 구분된 병해충 발생정보를 발표하고 있다.

3) 상세농업기상정보 생산

한국농림수산정보센터는 기상청에서 실시간으로 제공되는 기상정보를 토대로 전국 1500개 읍면단위에 대한 상세 농업기상정보를 생산 제공하고 있다. 기상청에서는 농업기상정보의 다양화를 위해 한독 농업기상협력사업의 일환으로 독일기상청의 상세예보요소 생산기술을 도입하여 기상청의 수치예보과정에 접목시키는 작업을 추진하고 있다.

4) 기상재해대비 영농관리

농촌진흥청에서는 강풍, 한파, 폭설, 저온, 집중호우 등 이상기온에 대비한 주요 농작물 관리 요령을 제공함으로써 기상재해에 신속히 대비하여 농작물의 피해를 최소화하고자 기상재해대비 농작물관리 정보를 제공하고 있다. 발표시기는 기상예보를 기준으로 호우주의보, 경보, 태풍주의보, 경보 등이 발효되면 당면한 농작물관리요령 및 가축사양관리요령을 인터넷은 물론 KBS1방송 등 보도기관과 지방농촌진흥기관을 통해 제공하고 있다.

5) 순·월 농업기상정보

우리나라의 기본농업기상관서인 수원기상대에서는 인터넷을 통해 전국농업기상정보를 순별 및 월별로 제공하고 있으며 이에는 초상최저기온, 일조시수, 일조율, 일사량, 깊이별 지온과 수온 및 고도별 기온 등 농업활동에 중요한 기상요소들이 포함되어 있다. 한편 기상청 응용기상과에서 인터넷을 통해 제공하고 있는 주·월간 산업기상정보에도 농업과 관련된 내용이 포함되어 있으며 여기에는 주로 주요 농작업활동에 영향을 미치는 기상현상에 대한 분석과 전망을 다루고 있다.

향후 활용 전망

농업기상의 목적(WMO, 1997)은 앞으로 지속적이고 경제성 높은 농업시스템의 개발을 지원하기 위한 생산성과 품질 향상, 손실과 위험 경감, 비용 축소, 물, 노동, 에너지의 효율적 이용, 자연자원의 보존, 사막화와 가뭄 방지, 환경열악화 유발 농

용화학물질에 의한 오염 경감 등에 중점을 두어야 한다. 따라서 농업기상정보의 새로운 발전경향도 이러한 목표를 효율적으로 달성하기 위한 농업과 연관산업 및 사회경제구조의 변화에 따른 분야별 농업기상정보의 다양화와 세분화, 신기술의 출현에 의한 관련기술의 전문화, 수요자 요구의 다양화, 농업특성을 반영하기 위한 지역특화, 농업문제의 광역화에 따른 세계화 등을 적극 추구해야 할 것이다.

기타 농업기상 관련분야에서 중요성이 높은 분야로는 농업기상정보의 배분을 위한 방법과 과정 및 기술력의 향상, 기후변동과 변화에 대한 농업기상학적 적응전략의 개발, 기후변화 저감대책의 수립, 생태, 수량예측 모형의 보다 적극적인 응용, 현장활용 중심의 전술적 활용기술의 적극적인 개선 및 농업기상학에 대한 이해의 증진을 꼽고 있다(Sivakumar et al., 1999). 그리고 모든 정보는 그 유용성과 효용성의 제고를 위한 사용자 평가단계가 필요하며(Rijks et al., 1999), 농업기상정보도 예외일 수 없으므로 사용자평가를 위한 농업기상 정보이용자의 수요파악, 요구정보의 본질, 제공 가능한 정보의 종류, 정보 전달수단과 방법 및 사용자의 현장활용 가치에 대한 평가가 수행되어져야 하며 파악된 문제점에 대해서는 개선을 위한 적극적인 노력을 기울여야 할 것이다.

다.농업기상정보시스템

농업기상정보시스템은 일반적으로 관측, 수집, 저장, 가공분석, 배분, 활용 및 사용자피드백 등으로 구분될 수 있으나, 여기에서는 크게 자료생산과 공유배분만으로 구분하여 소개하고자 한다.

자료 생산

농업기상 연구와 현장활용에 필요한 정보의 생산을 위해서는 3가지 자료원이 이용되는데 ⓐ 온도, 습도 등과 같이 대기의 특성을 표시하는 기상요소의 시공간적 분포특성에 관한 자료를 들 수 있으며, ⓑ 작물, 가축, 병해충 등 생물체가 영향을 받는 외부조건을 특징짓는 기상 외적 환경자료, 그리고 ⓒ 군집밀도, 생리대사, 생육상 등에 관련된 생물학적 자료가 모두 여기에 해당한다. 또한 이들 자료간의 상호작용 역시 농업기상정보의 가장 기본이 되는 중요한 자료가 되나 여기에서는 기상자료만을 다루고 있다.

첨단기술의 사용이 쉬워지고 운영비용이 상대적으로 저렴해지자 많은 국가기상기구들은 운영비용을 절감하기 위해 기상관측망의 자동화에 힘쓰고 있다. 자동관측시스템(Automatic Weather System)은 자료수집의 효율을 높이며, 기상예보와 매일매일의 의사결정을 위해 필요한 자료를 실시간에 활용할 수 있는 길을 열게 되었다. 한편 기상자료의 양이 빠르게 증가함에 따라 자료의 질을 유지하기 위한 정밀도 향상이 요구됨에 따라 기기의 검증과 기상관측소의 효율적인 운영을 위한 노력도 더욱 요구되고 있다(Doraiswamy et al., 1999). 지상종관관측 외에도 별도의

농업기상관측을 수행하는 경우가 있다.

농업기상자료는 영농관리지원, 식량안보해결 및 기술개발 등 다양한 목적을 위해 활용된다. 활용 가능한 자료의 폭도 기존의 기상관측자료와 같은 기후자료는 물론 다양한 통계분석자료, 실시간 기상자료, 예보자료 등으로 그 범위가 크게 확대되고 있다. 많은 양의 정보를 보다 손쉽게 이용하기 위해서는 일정표준을 정해 자료를 보다 체계적으로 관리해야 할 필요성이 커지고 있다. 체계적인 자료관리는 자료의 튼튼한 기초에 바탕을 둔 고도의 분석을 수행하는데 결정적인 역할을 하게 되며, 양질의 자료와 분석과정이 결정적인 농업기상정보를 창출할 수 있을 것이며 또한 농업현장에 유용한 정보를 제공할 수 있게 될 것이다.

공유 배분

기상정보의 효과적인 활용을 위해서는 기상현황, 기상예보, 기타 기상관련정보 등의 시의적절한 배분이 필수적이다. 매스컴을 이용하여 기상에 민감한 농업활동을 지원하기 위한 배분방법은 앞으로 그 중요성이 커질 것으로 기대되고 있다. 그러나 매스컴을 통해 배분할 수 있는 기상정보의 양과 종류에는 한계가 있으며, 지금까지의 기상정보시스템은 국가기상기구로부터 최종사용자에게 의사결정지원시스템의 운영과 검증에 필요한 기상관측, 생물관측 및 기타 정보를 사용자에 의한 현장에서의 평가없이 일방적으로 전달하고 있다. 미래지향적인 기상정보시스템은 설계와 운영에 있어 이러한 점을 충분히 고려해야 한다.

Crowther(1983)은 일찍이 농업기상정보시스템에 대해 포괄적인 견해를 다음과 같이 제시한 바 있다.

1) 제공정보는 질적인 면에서 적절성(relevance), 다른 자료원과의 중복성(redundancy), 시의성(timeleness), 정기성(periodicity), 정규성(regularity), 소멸성(perishability), 수량성(quantity), 자료의 압축성(compression), 및 정확성(accuracy) 등의 요건을 갖추어야 하고,
2) 시스템구축의 목적은 최종사용자를 영농관리의 효율성 제고에 필요한 정보와 연계하는 것으로 활용 미흡, 특정기술의 조기도입, 사용자 요구사항 또는 기관의 여건에 맞지 않는 정보, 부적절한 지원시스템, 경제적 비효율성 등에 대한 고려가 충분치 못할 경우에는 문제가 되며,
3) 모든 사용자의 여건을 충족하기 위한 목적으로 통합기상정보시스템을 개발하고자 하는 경우에는 과욕과 고비용 등으로 활용이 극히 부진한 시스템이 될 수 있고,
4) 정보지원시스템은 서비스제공에 적절해야 하며 이를 지원하기 위한 기능으로 자료수집, 농업기상 관측망의 확충과 유지보수, 자료관리, 품질관리, 자료분석,

의사지원소프트웨어의 운영 및 활용산물의 개발을 들고 있으며,

5) 기상정보시스템 보완의 최대 걸림돌로는 인적자원의 부족을 들고 있다.

국내 현황

기상예보업무를 효율적으로 수행하기 위해 기상청은 '96년부터 기존 기상통신시스템을 대신하여 "종합기상정보시스템"을 구축하여 운영하고 있다. 이 시스템은 산하기관에서 매시간 관측한 기상자료와 일본 및 북경기상청을 통하여 3시간, 12시간 간격으로 전세계 기상관측자료를 수신하여 분석시스템에 전달하고, 분석된 결과를

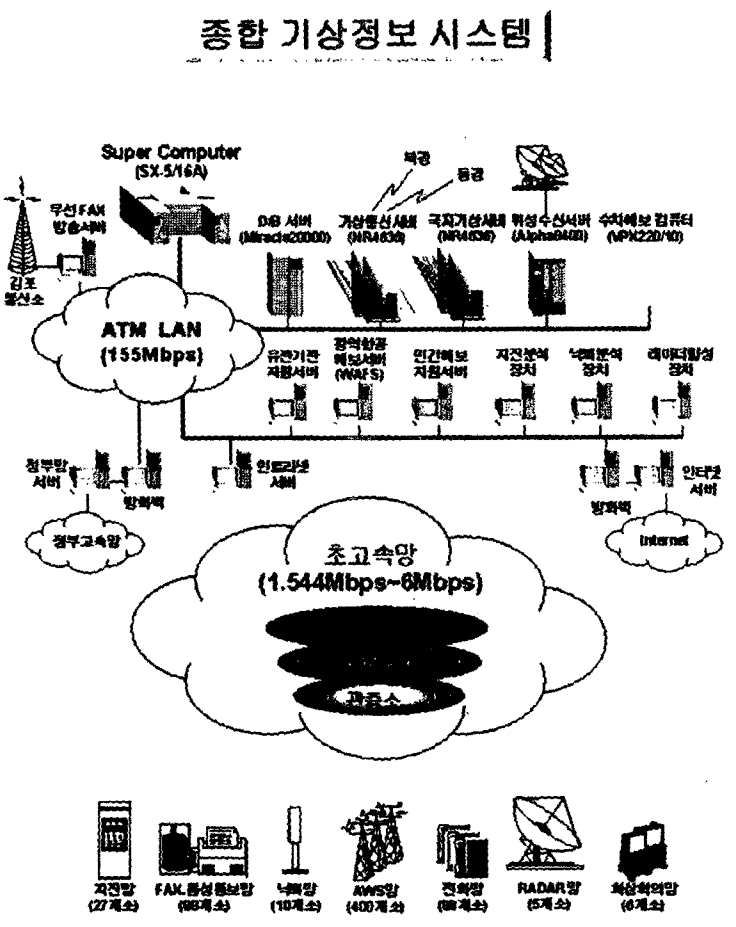


Fig. 2 Schematic diagram of meteorological information network system at KMA

다시 산하기관과 유관기관에 분배하고 있다. 한편 악기상을 효율적으로 감시/추적 및 예측하기 위해 기상청에서는 전국에 약 500여대의 무인자동기상관측소(AWS:Automated Weather Station)를 설치하여 관측망밀도를 평균 20km 이하로 조밀화하고, 기상청 네트웍을 초고속 전산망으로 교체하였으며 자료의 수집/분석주기도 1시간에서 1분으로 단축함으로써 실질적인 실시간 악기상감시가 가능하게 하였다.

국지수집장치(LAU: Local Acquisition Unit)는 모뎀을 통하여 수신된 AWS자료를 라우터통신망을 이용하여 TCP방식으로 주전산기에 전달하는데 단 10초 이내에 모두 수신하여 전송할 수 있다. 주전산기는 전국의 AWS자료를 매분 15초까지 수집하여 품질검사, 저장, 분석 후 결과를 매분 40초 이내에 지방의 각 표출용 워크스테이션(W/S)으로 네트워크를 통하여 전송하며 또한 인터넷 웹(Internet Web)을 통한 자료검색 및 표출기능을 제공하고 있다. 기상청은 2000년 현재 모든 가용 기상정보의 통합DBMS 구축을 목표로 NCOMIS사업을 추진하고 있어 2001년부터는 보다 안정되고 다양한 기상정보 서비스가 기대되고 있다. 기상청은 또한 국가 농업기상업무 개선을 위해 농촌진흥청, 농림부 산하 한국농림수산정보센터 (AFFIS, 1999) 및 경희대 농업기후연구실과 공동으로 인터넷과 PC통신을 통한 농업기상정보 서비스를 제공하기 시작하였다. 농촌진흥청 또한 독자적으로 PC통신과 인터넷을 이용한 농업기상정보와 기상재해관련 정보 및 재해경감대책에 대한 대농민 서비스를 실시하고 있다.

4. 국가 농업기상 발전계획

가. 국가 농업기상협력 강화

국가기상기구로서 기상재해로부터 국민의 생명과 재산을 지키기 위한 기상업무를 총괄하고 있는 기상청과 농업연구와 대농민 지도를 통해 국가식량안보를 책임지고 있는 농촌진흥청은 국가 농업기상 서비스의 획기적인 개선의 필요성을 공감하고 농업기상 선진국에 비해 상대적으로 열악한 우리나라의 농업기상관측, 농업기상연구, 농업기상 서비스제공 등 3개 분야에 걸쳐 상호 긴밀한 협력을 통한 공조체계를 구축하고자 가칭 국가농업기상센터의 설립을 목표로 '99년 6월부터 농업기상공동위원회를 구성 운영하여 오고 있다.

추진현황

제1차 농업기상대책 공동위원회의(99. 7)를 기상청에서 개최한 이후 농진청 산하의 농업기상관측망의 현지 합동조사(충남·북 7개소) 실시, 전문가 교환초청에 의한 특별강연 개최, 농업기상연구과제의 공동수행, 농업기상 국제협력사업 공동참

여, 농업기상정보 공유전산망의 개통 등 여러 분야에서 다각적인 협력을 하고 있으며 특히 다음과 같은 사업분야를 중점추진하고 있다.

○농업기상관측망 보완

- 농업기상관측망 표준화 설정(30소, 농진청 '00 정보화근로사업)
- 실시간 농업기상 자료수집, 품질검사 및 배분기술 검토(기상청)

○농업기상정보 네트워크 구축

- 실시간 기상정보 공유네트워크 구축(6.21, 512K->내년 2M급 개선)
  · 향후 농진청->기상청->APAN-KR(초고속선도기술망) 연동 계획

○농업기상 연구 공동 추진

- 농림기상예측 및 활용체계 구축(농림특정, '00~02, 총8억, 기상청기후예측과)

○국제협력 공동 참여

- WMO 농업기상위원회 전문위원 공동 추천
- 지구환경변화 작물생육변동 모니터링 공동연구(한 · 일)
- 농업기상지원 상세예보요소 생산 및 활용 기술 개발(한 · 독)
- 장거리비래해충 예측, 작물모형-원격탐사 통합분석(한 · 중)
- 지구환경변화 유발 농업생태계 온실기체 인벤토리 작성(한 · 캐나다)

추진 계획

유관기관과 연구, 대학을 포함한 국가 농업기상 협력을 강화하기 위한 일환으로 현재의 관 주도의 농업기상공동위원회를 학계 전문가, 유관기관 담당자, 수요자 협회 등으로 확대 보강하여 명실상부한 국가농업기상센터로서의 역할을 수행할 수 있는 토대를 구축해야 할 필요성이 커지고 있다. 앞으로 농업기상공동위원회를 통해 중점적으로 추진코자 하는 분야로는 농업기상 유관기관간 정보공유, 공동 기술개발, 서비스의 양적 질적 개선 및 남북농업기상협력 공동참여 등을 들 수 있다.

○ 농업기상 지원네트워크 구축

- 국내 : 정책 + 연구 + 지도 + 통계 + 농경 + 수문 + 기상 + 마켓 + 재해 분야를 망라하는 농업기상유관기관간 전산네트워크의 구축을 정보화지원사업 등을 통해 추진할 계획이다.
- 국외 : 아시아 농업기상정보네트웍 구축(Regional AgMet Info. Network System in Asia: RAMINS II)은 연구중심의 자발적 참여를 바탕으로 추진 중에 있으며 금년도 한일과학기술협력사업(기상청,일본농연연)으로 선정된바 있고, 현재 농업기상자문위원회, 정보기술위원회, 운영위원회(AFITA)의 구성을 합의하였다. 현재 WMO 농업기상과, CAgM, RAII 농업기상실무단, FAO 농업기상실과 긴밀한 협조체계를 유지하여 추진하고 있다.

○ 농업기상 기술개발 협력

- 농업 생산성, 안정성, 환경보전성 분야(한중일, 한독)
  · 한반도 식량안보, 북한 농업기상 기술지원, 농업기상연구 기반구축
- 지구환경변화 분야(한일, 한캐나다)
  · 지구온난화 영향평가, 저감기술, 온실기체 인벤토리 작성, 대응전략 수립지원
- 농업기상기술개발 기반 구축
  · 농업기상 전문인력 양성(기상청 + 농진청 농업기상교육 역할분담, 강화)
  · 농업기상 전담부서 적극 추진(최소한 각 시험장/연구소 단위)
  · 국제협력(WMO, FAO, IGBP, IPCC ...), 아시아 공동학회(농업기상,농업정보)

○ 농업기상정보 서비스 개선

- 농업기상지원을 위한 기상정보 생산
  · 예측형 상세 기상정보 생산(Adaption technology, 한독응용기상협력, 2000~)
  · 농림업활용을 위한 중장기예보자료 생산(농림기획과제, 2000-2002, 8억)
- 농업기상정보의 가공, 생산(독일 기상청 농업기상정보시스템 도입, AMBER)
  · 농업기상정보(농업정보 + 기상정보) 가공 생산
  · 작물수량, 병해충, 등 현장활용을 위한 농업기상정보 작성
- 정보제공 매체 및 전달기술 개선
  · 매체의 다양화 : RADIO, TV, pc통신, 인터넷, 기상방송 등
  · 현장활용 극대화를 위한 농민과의 양방향 정보전달기술 개발

○ 농업기상 남북협력 공동 추진

농업기상분야의 남북협력 공동추진의 일환으로 농업기상 상세 예보요소 생산 및 활용 기술 지원을 위한 기상청/농진청 협력체계를 강화하여 한반도 농업생산성과 안정성 제고를 통한 우리 민족의 식량문제 해결에 적극 기여하고자 상세 농업기상 예보요소 생산 및 활용기술 지원, 농림업활용을 위한 중장기예보기술의 제공 및 아시아 농업기상정보시스템 구축 등에 공동참여코자 계획하고 있다.

나. 농업기상 관측체계 개선

사업목적

농진청 보유 농업기상 관측장비의 노후 및 미설치 지역을 지원함으로서 우리나라 농업기상 기초자료를 확대하고 무인자동 농업기상 관측용 측기 설치로 실시간 기상자료 수집 전산네트워크 기반 구축하여 농진청과 기상청간 협력사업을 통한 기상정보의 공유로 농업기상정보의 양적, 질적 보완효과를 증진함으로써 농업기상자료의 국가기상DB화를 통한 예방위주의 기상재해대책 강구에 기여코자 한다.

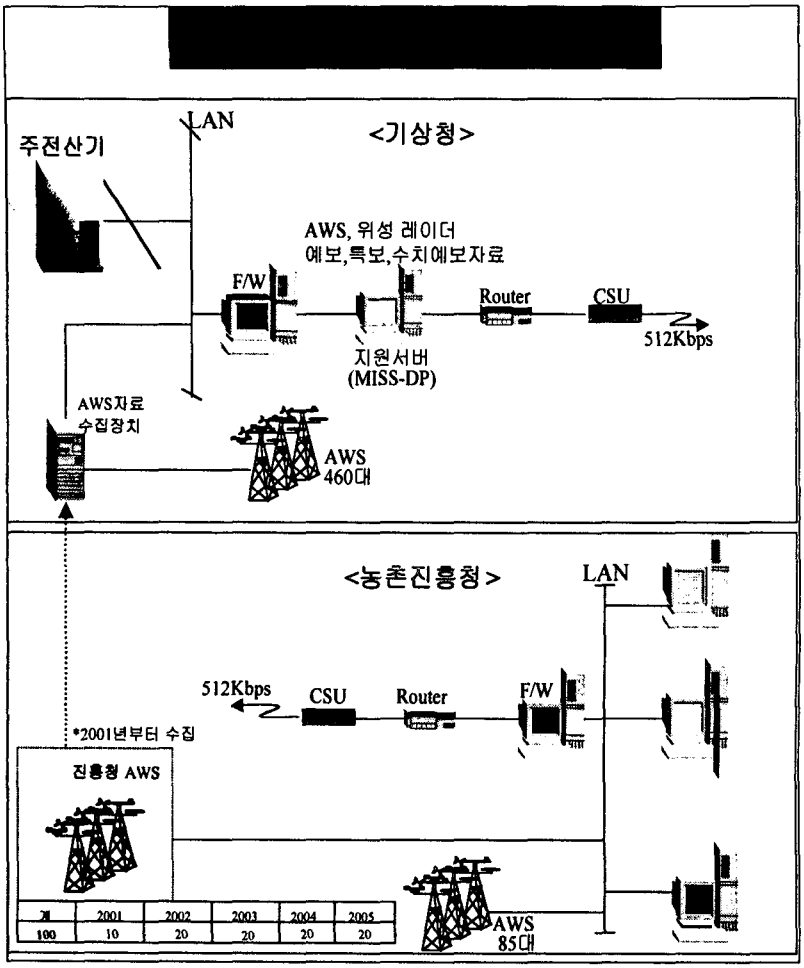


Fig. 3 Schematic diagram for the communication of agrometeorological data between KMA and RDA

사업내용

내년부터 전국 농업기술센터 중 AWS관측장치 노후화 또는 미설치 시·군을 우선 대상으로 전국 10개 시·군을 선정하여 자동기상 관측기(AWS)를 설치할 계획이며, 농업기상 실시간 모니터링 체계 구축, 농촌진흥청 및 기상청과 농업기상정보 연동네트워크 구축 운영, 기상청의 농업기상지원용 상세 예보요소자료를 토대로 농촌진흥청에서 기상과 농작물 생육단계별 관계분석, 지도자료로 활용하는 한편 전국 주요농업지대의 농업기상환경의 실시간 모니터링, 농업기상지원 전용서버구축 및 국가농업기상DB화와 유기적인 연계로 농업기상자료의 현장 활용성을 극대화시킬 계획이다.

사업추진

농촌진흥청 기술지원국 식량작물과는 농업기상 관측장비 시스템 총괄 운영 및 관리, 사업 수행상 문제점 파악 및 개선사항 지원, 및 관련 예산의 지속적 확보를 담당하며, 농업과학기술원 농업기상실은 농업기상 관측장비 시스템 총괄 운영 및 관리 협조, 농업기상정보 네트워크 운영프로그램 개발 (기상청 공동), 시스템 운영 및 데이터 공유를 위한 통합 운영프로그램 설계, 관련 자료의 시험, 연구 및 지도사업 활용토록 가공하여 제공하는 역할을 담당하며, 도 농업기술원 및 시군 농업기술센터는 농업기상관측장비 설치, 운영, 관리 및 문제점파악, 관측 데이터 및 분석자료의 농촌지도사업에 활용을 도모하고, 기상청 응용기상과와 정보통신담당관실은 관련 자료의 실시간 수집망 개설 운영, 품질검사, 자료가공, 분석활용도구 도입제공을 수행한다.

다. 농업기상지원 상세예보자료 생산

선진 기술동향 (독일)

1) 농업기상지원 수치예보모델 결과물 산출
   - 독일기상청은 현업 운영중인 전구모델(Global Model: GM) 및 지역모델(Local Model: LM)로부터 다양한 기상요소의 예보값을 산출, 저장, 제공하고 있음
   - 이용 가능한 예보결과물로는 기본요소(바람, 기온, 기압 등) 이외에도 습도관련변수(비습, 수증기함유량, 상대습도 등) 및 지표면 성질과 관련된 변수(지표면온도, 수분함유량 등) 등의 시간별, 고도별 격자값 등이 있다.

2) 농업활용분야별 정보 산출 및 데이터베이스화
   - 독일기상청 농업기상부서의 경우, 수치예보자료 및 종관기상 관측자료, 농업기상관측망 자료를 통합 수집/관리하고 있음.
   - 자료품질검증 프로그램 및 상세농업기상요소 산출모델을 개발하여 농업관련기관 및 농민들에게 예측형 서비스를 실시간으로 제공
   - 원시자료(관측 및 수치예보모델 자료) 및 자료품질검증 결과, 모델결과물을 이용하여 농업기상 데이터베이스를 자체 구축, 체계적이고 전문적인 서비스 및 연구개발 지원의 기반 확보

추진계획

1) 사업 목표
   - 기상청에서 생산되는 관측 및 예보자료를 바탕으로 각종 산업분야에서 직접 활용할 수 있는 다양한 기상요소(분석값 및 예보값)를 세분화된 시·공간에 대하여 산출.
   - 이러한 정보들을 DB화하여, 사용자의 요구에 부응하는 다양한 응용기상 예보서비스를 현실화할 수 있는 기반을 구축한다.

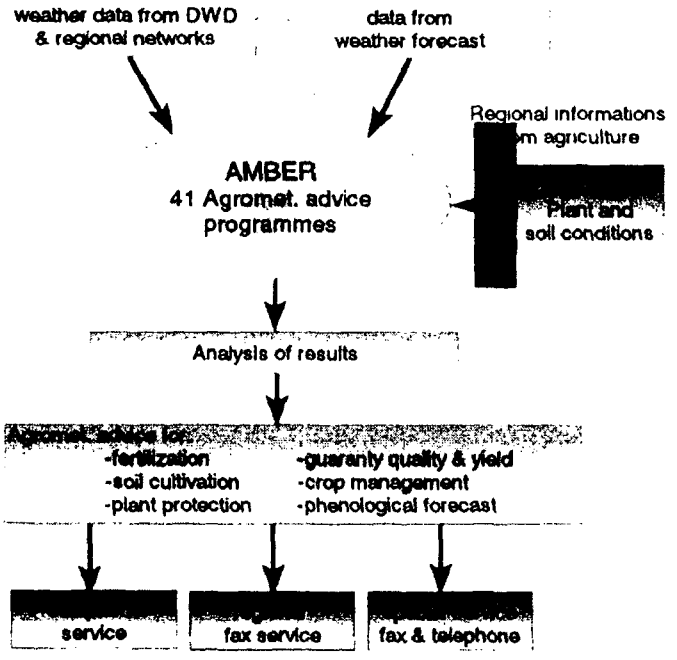


Fig. 4 Schematic diagram of agrometeorolgical information flow at DWD in Germany

2) 추진전략

- 기상청에서 현재 정기적으로 생산하고 있는 자료의 활용을 극대화하는 방안 모색
- 기상정보를 활용하고자 하는 기타분야 전문가들의 정보 접근을 용이하게 할 수 있는 인터넷 기반의 인터페이스 개발
- 외부인력 및 기술, 자원을 활용한 기술개발 추진 (용역사업, 위탁사업 발굴)
- 특히, 정부(기상청)와 학계, 산업계의 협력사업으로 추진함으로써 기존 지식 및 정보를 현업에 활용하고, 각 분야의 균형있는 발전을 도모

3) 추진 체계

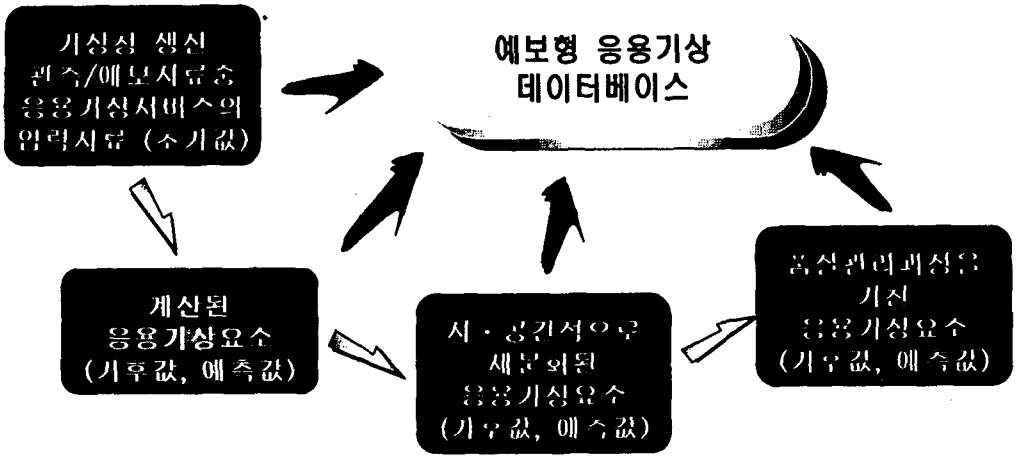


Fig..5 Schematic diagram for the project components

라. 농림업활용 중장기 예보기술개발

기술현황

1) 국내 기술현황

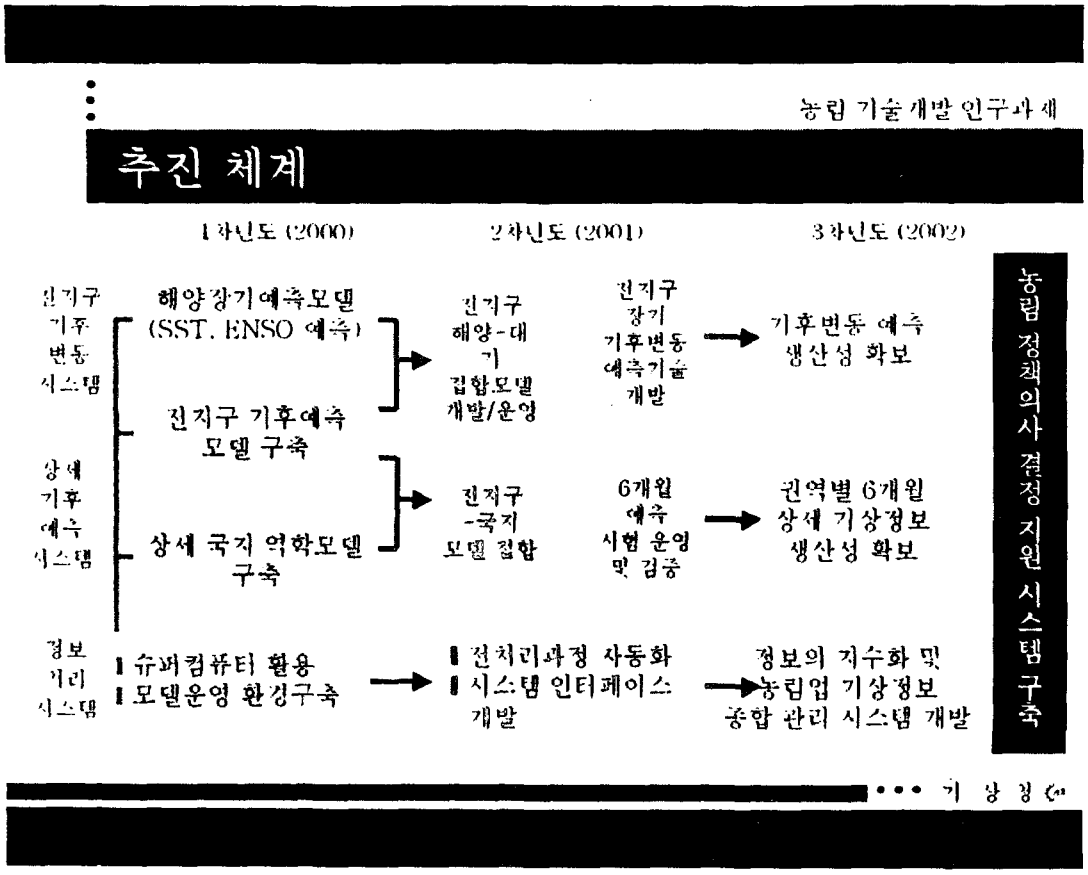
○ 농림업 분야 활용을 위한 시간 및 공간 분해 능력이 높은 고해상도의 장기기상역학예보모델을 보유하고 있으나, 1개월 이상의 정확한 장기예측을 위하여 기술개발이 필요함.

○ 기상청은 슈퍼컴퓨터의 도입으로 선진국 못지 않은 장기기상역학예보모형을 가동할 수 있는 기반을 구축하였고, 이를 이용한 다양한 장기기상예보자료의 생산이 가능하게 되었으며, 농림업 활용을 위한 역학적 장기예측모델을 개발중임

2) 선진 기술현황

○ 미국, 일본, 독일 등 선진국에서는 장기기상예보자료를 농업분야에 활용하기 위한 사업을 추진 중이거나 계획 중에 있음. 세계기상기구도 중장기 기상예보기술의 농림업분야 활용을 적극적으로 권장하고 있음.

○ 일본은 1개월 역학예보를 생산하고 있고, 3개월과 6개월 예보는 통계적인 방법을 이용하고있으며, 2001년부터는 3개월 역학예보를 생산할 계획이며, 미국은 역학예보의 경우 주로 6개월 예보에 중점을 두고 개발하고 있으며, 통계모



델과 해양-대기 접합모델을 사용하여 12개월까지의 장기예보자료를 생산하고 있음.

사업내용

1) 최종목표

안정적 장·단기 식량수급정책 수립을 지원하기 위한 장기 기상예보기술 개발과 기후변화예측 시스템 구축

2) 기술개발 내용

- 1단계

ㅇ한반도 농림업 활용을 위한 역학기반 6개월 이상 장기 기상예보 시스템 기반 구축

ㅇ농림업 활용목적의 전지구규모 10년 이상의 기후변화 변동예측시스템 기반 구축

- 2단계

○고해상도 전지구 역학 모델을 이용한 상세기상정보 생산 산출기법개발 및 전·후처리과정 구축

○전지구 기후변화 및 장기기상 예측시스템 시험 운영

○과거기후자료를 활용한 통계학적 기후변화예측모형 개발

- 3단계

○전구규모 농업생산성 추정을 위한 주요 기상/기후요소의 산출 기법 개발

○역학/통계학적 접합모형의 개발 및 검증

○전지구 모델에 고해상도 지역 역학 모델 접합 기술 개발

- 4단계

○장기기상/기후 정보 시스템에서 생산된 각종정보의 지수화 및 농업 기상 정보 종합 그래픽 자동 표출 시스템 개발

○실시간 장기기상/기후정보 서비스 제공 시스템 및 네트웍 구축 운영 및 문제점 보완, 시스템 검증 보완

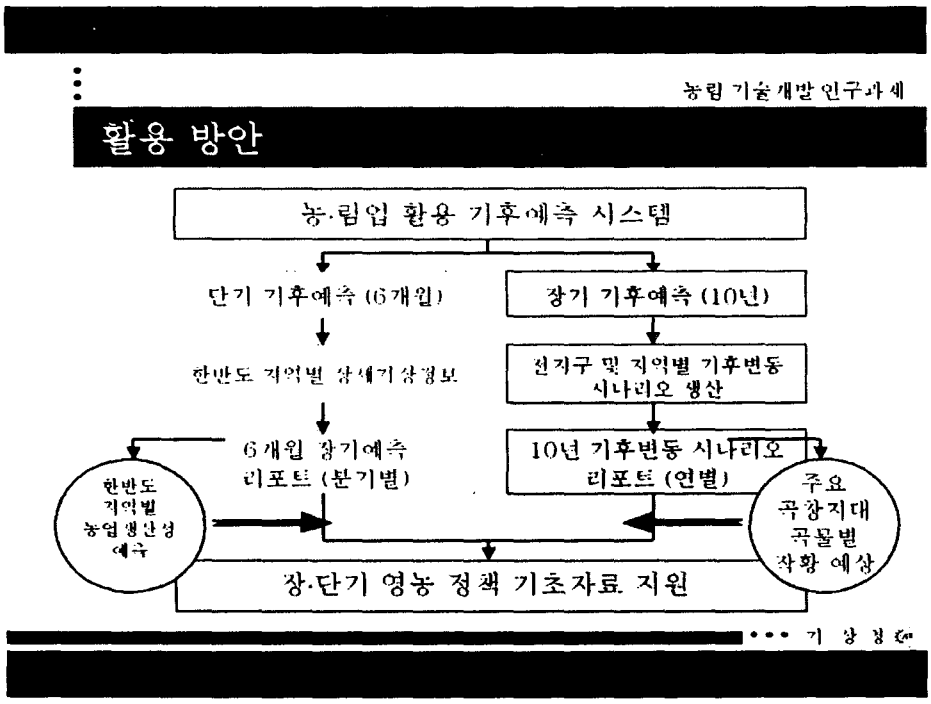


Fig. 6 Schematic diagram for system applications in Agriculture

마. 농업기상연구 지원시스템

과제개요

아시아 국가간 초고속인터넷망(APAN)을 이용한 농업기상정보 네트웍시스템의 구축과 이를 국내 농업기상정보의 효율적인 생산, 활용을 담당하는 유관기관의 농업기상연구를 지원하기 위한 관련DB간 연동네트워크 구축 및 분산컴퓨팅 하에서의 객체지향형 웹기반 사용자 인터페이스의 개발

추진배경

1) 제안배경

대외의존형 식량수급체계인 우리나라의 경우 기후변화와 변동에 따른 주요 식량수출국의 작황과 전망 정보는 국가식량수급계획을 수립에 긴요하다. 그리고 국가산업기상정보 중에서도 가장 파급효과가 큰 농업기상정보의 공유배분을 위한 유관기관간 정보인프라의 조기 구축으로 정보화사회에서 수요증가가 예상되는 농업기상정보 생산기반의 구축이 시급하다. 기상정보의 효율적인 활용을 위한 국가단위 기반구축으로 격심한 국제경쟁하에서의 농업경쟁력을 증대하고, 이상기상으로부터 농업의 안정성 보호하는 한편 한반도 통일시대 식량안보정책을 지원하는 한편 아시아 역내 개도국의 농업기상발전에 기여하여 역내 지도자적 입지 확보로 선진화 발판을 마련할 수 있을 것이다.

2) 제안경위

세계기상기구(WMO)는 보다 효율적인 농업기상정보의 생산을 각 회원국에 새로운 형태의 국가농업기상관측소의 설립을 권장하고 있다 (국가중추농업기상센터 : Core Agricultural meteorological Weather Station). 기존의 세계기상정보망(GTS)은 이미 한계에 달하고 있어 회원국의 중추농업기상센터간 자료교환을 위해서는 별도의 전용 초고속정보망의 구축 필요성이 대두되고 있으며, 이에 1999년 9월 이란 테헤란에서 개최된 WMO 아시아지역협의회(RAII) 농업기상실무단회의에서 우리측에 의해 아시아 농업기상정보망 구축이 제안된 후, 동 10월 호주 캔버라에서 열린 Asia-Pacific Advanced Network (APAN) 회의 농업분야실무단에서 차기 프로젝트로 선정된 바 있다. 특히 기상청은 지난 10월 서울에서 개최된 제12차 WMO 총회에서 차기 아시아협의회(RAII) 의장국으로 선임되었던 바 차기회기 중 역내 농업기상정보망의 주도적 추진을 통해 WMO와 아시아에서의 지도적 위치를 마련하기 위한 좋은 기회로 활용할 수 있을 것이다.

서비스 내용

1) 정책결정권자
   - 세계식량 수급 및 생산 현황과 전망
2) 농업연구개발자
   - 기후변화변동자료 : 예측 및 시나리오
   - 세계기후DB : 관측자료, 산출자료
   - 중장기예보자료 : 계절별, 연차별 예보자료
   - 농업 생산·유통·가격정보

- 기상재해관련정보
- 원격탐사정보 : 기상위성 및 자원탐사위성 자료
- 가용 분석도구 : 시뮬레이션모형, GIS툴 등
- IT활용기술 : 서비스제공기술, DB연동기술
- 관련산업정보 : 통계자료
- 기타 :

시스템 구축내용

1) 초고속인터넷기반 아시아 농업기상정보망 구축
   - 하드웨어 : 서버, DBMS(농촌진흥청, 기상청, 일본농림성 전산실 제공)
   - 소프트웨어 : 공개형 모의모형, 분석툴 활용
   - 네트워크 : APAN 및 상용 인터넷망 활용
2) 국가 농업기상연구지원시스템 기반 구축
   - 하드웨어 : 주서버, 기관별서버(방화벽 포함), 미들서버(Brokers)
   - 소프트웨어 : 분산객체지원 인터페이스(CORBA/JAVA/IIOP) 개발
   - 네트워크 : ATM교환기, 초고속정보망 연동(KOREN 또는 고속상용망)
   - DBMS : 객체지원 ODBMS(예: Object Store)
3) ORB기반 응용 인터페이스 개발
   - 종류 : Multi-tier지원, 이종 전산기종, 운영체제, DBMS 지원 가능한 인터페이스
   - 인터페이스 : CORBA/IIOP/RMI
   - 개발툴 : Inprise VisiBroker 4.0, JAVA
   - 결과물 : 응용대상별 브로커개념의 미들웨어 서버

목표시스템 구성도

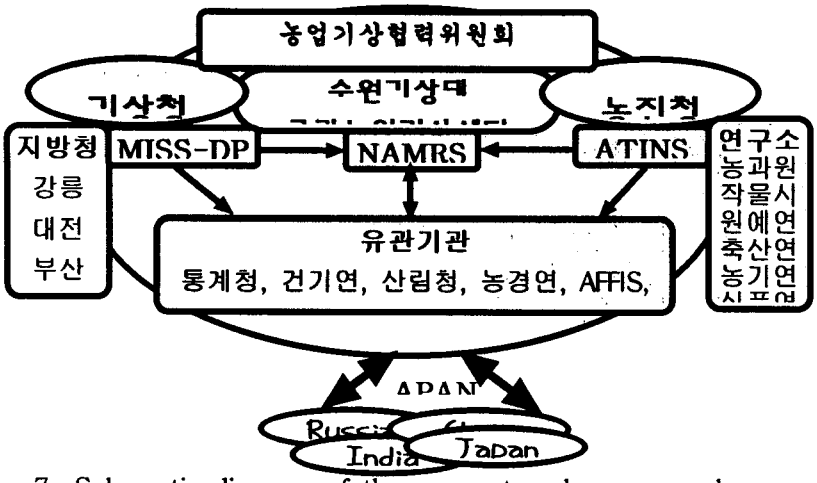


Fig. 7 Schematic diagram of the agrometeorology research support system at domestic level

시스템 운영 및 발전계획

1) 시스템 운영방안

○ 국내 주관기관 및 부서

- 주관기관 : 기상청/농진청 농업기상공동위원회
- 기획부서 : 기상청 기후국 응용기상과/농과원 농업환경부 환경생태과
- 지원부서 : 기상청 정보통신담당관/농진청 정보기술담당관

○ 아시아역내 주관기관 운영

- 기관의 역할과 책임
  - 한국 : 중장기 기상/기후정보 개발 제공, 상세기상요소 생산 제공
    인터넷기반 사용자 인터페이스 기술 제공(분산객체지원기술)
  - 일본 : 사무국 관장, 일반행정
    기본조직구조 개발 구축
- 운영예산확보
  - 국제협력사업 추진(한/일과학기술협의회)
- 운영관리대책
  - 농업기상위원회, 기술지원위원회, 운영관리위원회 운영
  - 국제기구와 연계(WMO, FAO, IRRI, CGIAR, etc.)

2) 시스템 확대·발전 계획

○ 시스템의 확대 개발 기능

- 국내 연동시스템
  - 기상정보의 국가자원화를 위한 응용기상정보 연구개발 및 서비스제공을 위한 기반 네트워크시스템의 확대
- 아시아 연동시스템
  - 향후 북미, 유럽 등의 차세대인터넷 정보망과의 연동 추진(APAN사업)
  - WMO 산하 지역협의체별 유사시스템 개발시 상호 연동, 전구시스템으로 확대

○ 해당시스템의 기능 발전계획 및 정보 확대계획

- Object Web기반의 객체지원형 인터페이스의 개발 확충
- CORBA/JAVA/IIOP기반의 분산객체형 연동 시스템화
- 일반사용자의 접근성, 편이성, 용이성을 고려한 ORB지원 Broker(미들서버) 개념의 도입 적용
- 가용 DB, Tools, Models, 활용방법의 지속적인 탐색 및 서비스 제공기술 확대

○ 해당시스템과 타부문의 시스템과 통합 연동 및 표준화 계획

- 기상청의 현존 방재기상시스템, 농진청의 병해충예찰체계, 건교부 홍수방재 시스템, 수자원공사의 수자원관리시스템 등과 연동 가능
- 서로 다른 컴퓨터기종, DBMS, OS간의 연동을 위해 ORB기술을 확대 적용하여 범용성 인터페이스로 표준화 시도

바. 농업기상정보시스템 구축

과제개요

2000년도 정보화 근로사업으로 시·군 농업기술센터 보관 기상자료의 데이터베이스화를 완료할 예정이며, 농촌진흥기관(도 농업기술원, 소속 시험장·연구소)이 보유하고 있는 기존 기상관측자료의 데이터베이스를 추가로 구축하고 있다. 농업기상자료의 데이터베이스화 방안으로는 인근 기상대자료를 활용하고 있는 농업기술센터 56개소를 실시간에 기상청의 자료를 이용할 수 있도록 네트워크를 연계하고, 간이기상관측을 수행하고 있는 농업기술센터 26개소에는 일별기상자료 입력 프로그램을 보급 활용할 계획이다. 그리고 자동기상관측장비(AWS) 설치지역(75개소이상)간에는 인터넷을 통한 DB구축 자동화를 계획하고 있으며 금년 중 AWS 실시간 연동대상지역은 23개소에 이르고 있다.

한편 기상청과 실시간 기상자료 공유를 위해 기상청 기상관측소 74개소, 자동기상관측장비 400개소, 농촌진흥기관 200개소 등을 전체적으로 활용하여 국지기상의 변화에 따른 기상재해에 신속히 대처할 수 있는 정보공유 체계를 구축하고 있으며, 인터넷을 통한 실시간 농업기상정보 서비스 시스템을 구축하고자 전국의 각 시군 농업기술센터와 정보의 DB화, 농업기상 가공분석정보의 서비스 개발 등을 공동 추진할 계획이다.

추진배경

최근 빈번한 이상기후 발생과 기후변화로 농업기상정보의 중요성이 대두되고 있다. 농업의 측면에서 보면, 우리나라는 영농유형이 다양할 뿐 아니라 복잡한 지형의 영향으로 국지 기상변화가 심하기 때문에 장·단기 농작업 계획수립에 농업기상의 역할은 매우 중요하다. 그러나 기상청의 기상관측 지역이 인구밀집지역이나 악기상감시를 목적으로 설치되어 있어 전국 주요 농업지대의 기상특성을 반영키 어려우므로, 전국의 농촌진흥기관에 이미 설치되어 있는 자동기상관측장비를 활용하여 농업기상정보 관측망을 구축하고 기상청과 공동 활용함으로써 농업기상 기초자료의 양적 질적 개선을 도모할 필요성이 더욱 커지고 있다.

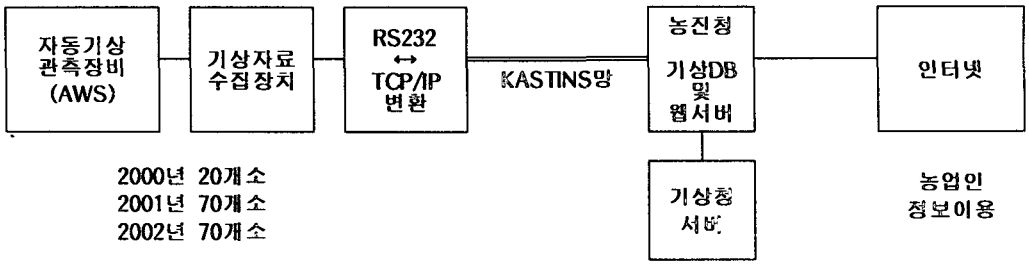
정보화 현황

농촌진흥청에서는 1998년부터 농업기상정보관리 프로그램을 개발·보급하여 농업기상자료수집을 하고 있으며, 자체 웹서버를 통하여 농업기상정보를 일부 제공하고 있으나 아직은 단순한 검색정보 제공 수준에 머무르고 있는 실정이다. 현재 농촌진흥청 기술정보화담당관실에서는 농업기상서버로 컴팩 Prolient 3000에 오라클 데이터베이스를 탑재하여 이용하고 있으며, 각 농업기술센터의 기상정보관리는 농촌진흥청에서 자체 개발한 PC용 농업기상정보관리프로그램을 이용하여 자료검증

및 농촌진흥청으로 자료를 전송하고 있다. 통신망은 농촌진흥청 인트라넷 통신망, 행자부 인트라넷 등 인터넷을 통하여 전 관련 농촌진흥기관이 연결되어 있으며, 오지 관측지역의 경우만 모뎀에 의한 전화접속으로 연결되고 있다.

시스템 구축내용

1) 시스템구성도



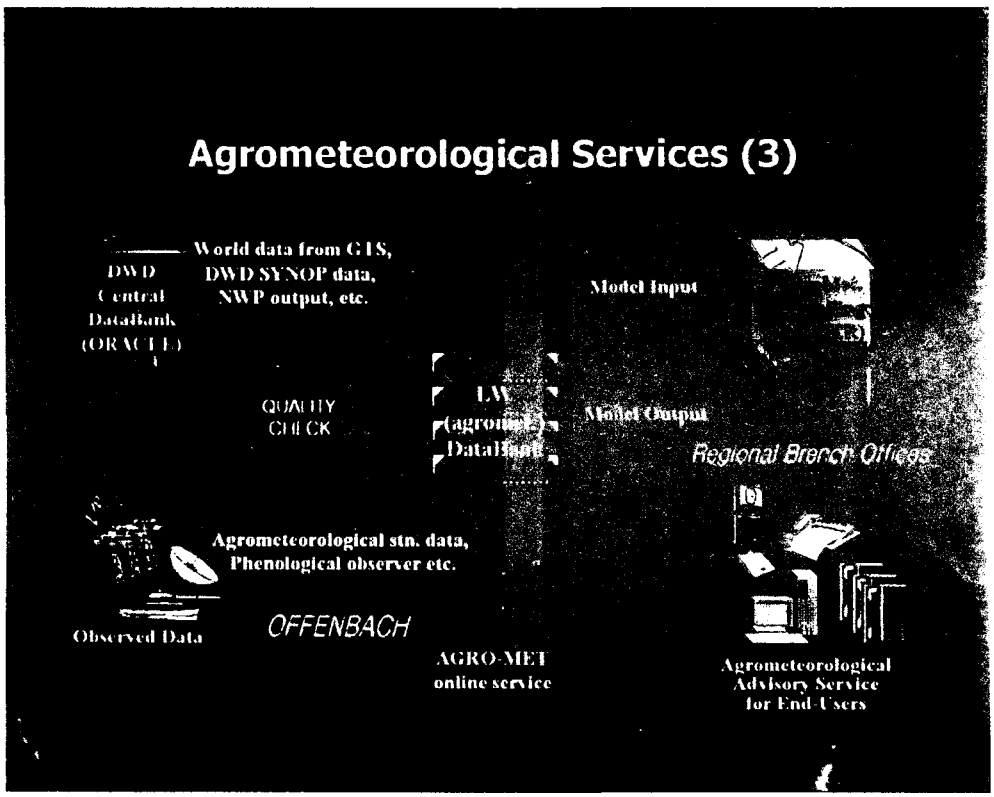


Fig. 8 Schematic diagram of Agrometeorological information network at DWD in Germany

2) 개발내용

o 농업기상정보 데이터베이스 구축

- 농업기상 전 항목 데이터베이스 자료검증 자동화체계(기상청과 자료공유)
- 시험장·연구소의 추가 농업기상 데이터베이스 구축
- 실시간 농업기상정보 웹서비스
  · 전국의 당일 기상자료 : 기상청과 연계 제공
  · 1시간 간격 자료의 원시자료 데이터베이스, 테이블 분석 및 그래프 분석

o 실시간 농업기상정보관측 네트워크 구축

- 전국의 농촌진흥기관 자동관측장치(AWS)를 대상으로 네트워크 연결
- 기상청 기상정보시스템과 연동체계의 구축

서비스 내용

- 전국 실시간 농업정보 제공(AWS 장비 구축 지역)
- GIS 지도를 이용한 국지기상정보
- 기상재해 대책정보
- 전국 농업기상자료 데이터베이스 검색정보: 구축 DB의 평균, 표준편차, 합계, 적산치, 돗수, 극값 등에 대한 요약 테이블 정보 및 그래프 정보
- 지역별 일변화 양상 비교분석 정보(기후 유사지역 분석정보 등)
- 농업기상 분석정보 제공 : 영농과 직접적으로 연관된 일교차, 증발산량, 도일, 작물생장량, 기후에 따른 에너지 소모량 등 가공, 분석정보의 제공
- 농업기술개발 연구를 위한 원시 데이터의 제공

5. 제 언

기상선진국에 비해 상대적으로 낙후되었던 우리나라의 농업기상서비스체계를 획기적으로 개선하기 위한 기상청과 농진청간의 지속적인 노력에 힘입어 국가 농업기상서비스 개선을 위한 대규모 연구 또는 개발사업이 여러 분야에서 활발하게 진행되고 있는 점은 국내 농업기상 발전을 위해 매우 고무적인 일이 아닐 수 없다. 특히 농업기상관측체계 개선, 농업기상 자료공유를 위한 전산네트워크 연동, 농업기상지원 상세예보자료의 생산, 선진 농업기상 현장활용기술의 도입 적용, 지구환경변화 영향평가를 비롯한 기후변화 관련 연구사업의 수행, 농림업활용을 위한 중장기예보기술의 개발, 농업기상정보 서비스시스템의 개발, 유관기관 연동네트워크의 구축 등 농업기상 전 분야에 걸친 연구 및 개발 사업 착수로 농업기상 선진국 수준의 인프라 구축을 눈앞에 두고 있다. 그동안 정부기관, 연구소, 대학, 현장지도

Fig. 9 Agrometeorological advisory service products at DWD in Germany

Agrometeorological advisory service products

Fertilization	*Soil cultivation*
Nitrogen dynamics in the soil Ammonia losses in semi-liquid manure Advice on frost penetration depth for semi-liquid manure late and early frost forecasts	**Soil moisture for** • agricultural crops • greencovered &normal plughed vineyards passableness of soil
Crop management	***Quality & yield assurance***
Sprinkler irrigation advice for • grain and maize • turnips & potatoes • fruit & vegetables Soil temperatures for cropping & harvest	grain moisture outgrowth, no. of windfalls drying out of grass cuttings grassland growth & yield damage to potatoes maturing of silo maize & maize ears
Plant protection	***Plant protection***
Grain • cereal eyespot, spelt browning, leaf spot, yellow rust, mildew • aphids, "haplodiplosis equestris Wagner" **Potato** • late blight of potato in normal crop management, with irrigation & under foil **Raps** • blossom rape beetle, cabbage stem weevil, cabbage seed weevil, "sclerotinia sclerotiorum"	**Vegetables** • cabbage root fly, peach aphid • onion mildew **Vines** • downy mildew • grape moth **Fruit** • apple scab • codling moth **Volatilization of plant protection products**
Crop climate	***Phenological forecasts***
Grain, maize, fruit, vines evaporation, leaf wetting crop & soil temperatures	Grain, maize, potatoes, turnips fruit vines

소 등에서 농업기상에 종사하면서 농림기상학회 등의 활동에 적극 참여하는 등 농업기상발전을 위해 유무형의 지원을 아끼시지 않은 많은 분들의 애정과 노력의 결실이라 할 수 있을 것이다.

이러한 다각적인 노력에도 불구하고 국가 농업기상서비스의 질적 개선을 위해서 아직도 해결해야 할 분야가 있는데, 바로 최종수요자인 농민들이 바라는 현장 활용성이 높은 농업기상정보를 생산 제공할 수 있는 현장적용 기술력의 절대부족인 것이다. 농업은 지역특성이 강한 산업이므로 농업기상정보의 활용성을 높이기 위해서는 당연히 지역의 수요에 부응하기 위한 서비스를 개발하여야 되는데 안타깝게도 이를 수행할 수 있는 지식과 경험을 보유한 농업기상 전문인력이 현재로서는 절대부족한 실정인 것이다. 물론 이는 농업기상전문인력을 양성하기 위한 교육 등 제도적인 뒷받침이 미약한데 근원적인 이유를 찾을 수 있겠지만 달리 보면 정부 조직내에 이를 전담하기 위한 충분한 인력과 예산을 갖춘 기구나 조직이 없다는데 보

다 큰 문제가 있다고 보아야 할 것이다. 수차에 걸친 정부조직개편과정에서 농업기상 전담조직의 설립 필요성을 제안 또는 요청한 바 있으나 건국이래 최대의 경제위기하에서 작은 정부로의 전환을 서두르는 마당에 새로운 조직의 설립을 추진하는 것은 매우 어려운 것이 우리의 현실이다. 민간분야는 물론 정부 조직상에 농업기상전문가에 대한 수요가 없으니 당연 대학 등 고급교육기관에서의 농업기상전문가에 대한 공급의지도 시간이 지남에 따라 점차 약화되고, 이러한 악순환은 결국 대학에서 농업기상학의 선택과목화, 비전문가에 의한 강의, 이에 따른 강의내용의 부실, 이어지는 폐강 등으로 이어지게 되어 사실 국내 농업기상 전문교육은 몇몇 소수 대학에서만 겨우 그 명맥을 유지하고 있는 실정이다.

이제 이러한 시급한 문제를 해결하기 위해 무엇을 어떻게 해야할 것인가를 진지하게 논의해야 할 시점을 맞이하고 있다. 우리가 현실적으로 선택할 수 있는 방법은 그리 많지 않은 것으로 보여 희망적이지만은 않지만, 이제라도 농업기상 전문인력 양성의 중요성을 깊이 인식하고 이를 개선하기 위한 노력을 게을리 하지 않아야 된다. 인프라를 구축하기 위한 기상청과 농진청의 조직적인 노력은 과거 어느 때에 비할 바가 아니지만 양 기관 모두 전담조직의 설치에는 적극적이고 능동적인 자세를 견지해 왔다고 보기는 어렵다. 이제 다시 한번 이러한 제약조건을 극복하기 위한 대안을 제시하고 이를 뒷받침하기 위한 노력을 모두 함께 기울여야 한다. 따라서 앞으로 예견되는 가장 심각한 농업기상분야 현안인 농업기상 전문인력의 확보 방안에 대해 한가지 제안을 하고자 한다.

여기에서 제안하고자 하는 농업기상 전문인력의 확보방안은 너무 근시안적인 접근방법이라고 비판받을 소지가 없지 않으나 현실적으로 이 당면한 문제를 해결하기 위한 별다른 대안이 없다는 점을 감안하여 주기를 바랄 뿐이다. 먼저 현재의 농업연구지도인력의 일부에게 농업기상임무를 제도상에서 부여하고 일정수준의 기술력을 유지할 수 있도록 농업기상정보의 현장활용에 필요한 교육과 훈련을 향후 2-3년에 걸쳐 연 6-8주 정도의 농업기상교육을 집중적으로 실시함으로써 당장 시급한 농업기상 기술력을 비교적 단기간 내에 확보하는 것이다. 물론 현실적으로 장기간 교육파견을 할 수 있는 여건이 채 성숙되지 못하고 있는 점이나 교육훈련에 소요되는 예산확보가 쉽지 않을 거라는 점은 능히 짐작할 수 있는 어려움이기는 하나 관련기관의 의지여하에 따라 얼마든지 해결가능한 일이라고 생각된다.

이를 위해서는 기존에 추진되어 오고 있는 기상청과 농진청의 농업기상관련 교육훈련 프로그램을 정비 보강하는 한편 기상청과 농진청간에 교육과 훈련에 대한 역할을 분담하면 보다 체계적이고 내실있는 농업기상 전문교육프로그램을 개발 운영할 수 있을 것이다. 지식정보화사회의 농업현장에서 적극적이고 능동적인 자세로 일할 수 있는 농업기상 전문인력의 확보 여하가 당면한 국가 농업기상서비스 기반 구축의 절대 명제임을 깊이 인식하고 이를 극복하기 위한 중지와 힘을 합하는 것

은 농업기상에 관심이 있거나 종사하는 우리 모두의 도리와 책임인 것이다.

참 고 문 헌

1. 김광식 외, 2000. 신고 농업기상학, 향문사발행
2. 윤진일, 1999. 농업기상학, 대우학술총서 443, 논저, 아르케발행
3. 이병렬, 2000. 농업기상정보의 활용전망. 한국농림기상학회지. 제2권 제 1호 24-30
4. Crowther, W. 1983. Models and the classification and delivery systems of agroclimatic information. In: Agroclimatic Information for Development: Reviving the Green Revolution. Cusack, D.F.(ed.), Westview Press, Boulder, Colo., pp301-312
5. Doraiswamy P.C., P.A. Pasteris, K.C. Jones, R.P. Motha and P. Nejedlik, 1999. Techniques for methods of collection, database management and distribution of Agrometeorlogical data, Session 5, paper no. 8, In CAgM report 77, International Workshop "Agrometeorology in the 21st Century, Needs and Perspectives", held in Accra, Feb., 1999. WMO, Geneva.
6. Lee, Byong-Lyol, 2000. The content and scope of derived data/products needed for applications to Agriculture, In: WMO Report No. 81 on "Agrometeorological Data Management", World Meteorological Organization, WMO/TD No. 1015, Geneva.
7. Rijks, D. and M.W.Baradas, 1999. The Clients for Agrometeorological information, Session 2, paper no. 2, In CAgM report 77, International Workshop "Agrometeorology in the 21st Century, Needs and Perspectives", held in Accra, Feb., 1999. WMO, Geneva.
8. Sivakumar, M.V.K., R. Gommes and W .Baier, 1999. Agrometeorology and Sustainable Agriculture, Session 2, paper no.1 p13-20, In CAgM report 77, International Workshop "Agrometeorology in the 21st Century, Needs and Perspectives", held in Accra, Feb., 1999. WMO, Geneva.
9. WMO, 1980. Guide to Agricultural Meteorological Practices. WMO No. 134, WMO. Geneva
10. WMO, 1999. Proceedings of International Workshop on "Agrometeorology in the 21st Century, Needs and Perspectives", held in Accra, Feb., 1999. WMO, Geneva.

< 농업기상정보활용 관련 URL >

기상청 응용기상과(http://203.247.66.46/home/index.html)

경희대학교 농업기상실(http://aegis.kyunghee.ac.kr)

농촌진흥청 병해충발생정보(http://www.rda.go.kr/korean/ko_index.htm)

농촌진흥청 기상재해대비 영농관리(http://www.rda.go.kr/4/spat/wg2000.htm)

농업과학기술원 (http://www.niast.go.kr)

한국농림수산정보센터(http://weather.affis.or.kr/cl/default.asp)