

강원고랭지 농업기상 감시 및 분석시스템 구축

안재훈¹ · 윤진일² · 김기영³

¹고령지농업시험장, ²경희대 농학과, ³첨성대(주)

(2001년 7월 21일 접수)

System Networking for the Monitoring and Analysis of Local Climatic Information in Alpine Area

Jae-Hoon Ahn¹, Jin-Il Yun² and Kee-Young Kim³

¹Alpine Agricultural Experiment Station, RDA, Pyongchang 232-950, Korea

²Kyung Hee University, Suwon 449-701, Korea

³Chumsungdae, LTD, Taejon 305-764, Korea

(Manuscript received July 21, 2001)

ABSTRACT

In order to monitor local climatic information, twelve automated weather stations (AWS) were installed in alpine area by the Alpine Agricultural Experiment Station, Rural Development Administration (RDA), at the field of major crop located in around highland area, and collected data from 1993 to 2000. Hourly measurements of air and soil temperature (underground 10 cm, 20 cm), relative humidity, wind speed and direction, precipitation, solar radiation and leaf wetness were automatically performed and the data could be collected through a public phone line. Datalogger was selected as CR10X (Campbell scientific, LTD, USA) out of consideration for sensors' compatibility, economics, endurance and conveniences. All AWS in alpine area were combined for net work and daily climatic data were analyzed in text and graphic file by program (Chumsungdae, LTD) on 1 km × 1 km grid cell basis. In this analysis system, important multi-functionalities, monitoring and analysis of local climatic information in alpine area was emphasized. The first objective was to obtain the output of a real time data from AWS. Secondly, daily climatic normals for each grid cell were calculated from geo-statistical relationships based on the climatic records of existing weather stations as well as their topographical informations. On 1 km × 1 km grid cell basis, real time climatic data from the automated weather stations and daily climatic normals were analyzed and graphed. In the future, if several simulation models were developed and connected with this system it would be possible to precisely forecast crop growth and yield or plant disease and pest by using climatic information in alpine area.

Key words : local climatic information, alpine area, system networking

1. 시스템의 개요

대관령 인근 고랭지는 표고가 높아 여름철에도 서늘하여 오래 전부터 씨감자와 호냉성 원예작물의 주산지로 발전되어 왔다. 이러한 저온기후자원을 이용하여 농업활동이 이루어지는 고랭지는 산지의 특이한 지형 조건 때문에 날씨변화가 심하고 이에 따른 작물피해가 잦다. 또한 인접지역간에도 기후특성이 서로 다르지만,

기후자원의 정밀분포도가 없어 이는 안정적인 농업생산활동에 있어서 문제점으로 작용하여 왔다.

고랭지권의 기상관측을 위하여 표고 400 m 이상 지역에 설치되어 있는 정규기상관측소는 대관령 장수 봉화 등 3곳에 불과하고, 자동기상관측장치(automated weather station : AWS)가 일부 지점에 설치되어 있으나 기온과 바람 강우량만이 관측되고 있어 농업적인 이용에는 한계가 있다.

고령지농업의 안정적 지속생산에 필요한 국지기상환경의 감시 및 이를 이용한 농업활용 정보생산을 위하여 고령지농업시험장에서는 1993년부터 연차별로 주요 작물재배지대에 농업용 AWS를 설치하여 왔다(과학기술처, 1993-1994; 농촌진흥청, 1995). 안 등(안 등, 1996; 안 등, 1998)은 AWS에 의하여 생산되는 국지 기상자료를 이용하여 고령지의 주 작물인 감자를 대상으로 실용정보를 생산하기 위하여 생장예측 모형과 역병의 초발생 및 진전도 예측모형을 작성한 바 있다. 또한 1997년부터 고령지농업시험장에서는 AWS의 실용성을 검증하기 위하여 AWS 관측자료를 이용하여 이 지역의 국지기후 특성을 규명하는 등, 농업적 활용도를 높이기 위한 연구를 수행하여 왔다(고령지농업시험장, 1997-2000).

지역농업 특히 지형이 복잡한 산간지농업의 정보화 와 기능성 평가를 위해서는 신속 정확한 기상정보의 획득뿐만 아니라 해당지역의 기후자원량의 계량화가 이루어져야 한다. 이를 위해서는 적절한 관측망 구성

과 함께 보간법(interpolation) 즉 공간내삽법에 의한 분포도 작성이 필요하다. 공간내삽법이란 해당지역의 지형정보를 이용하여 기상관측장치가 설치되지 않은 지역의 기상분포도를 추정할 수 있는 기술을 의미한다(류, 1994).

본 연구에서는 2000년에 우리나라에서 지형이 가장 복잡한 평창군을 표본지역으로 이 지역의 주요지점에 AWS를 집중 설치하여 공간적으로 균형있는 기상관측망을 구성하였고 또한 실시간 정확도 높은 기상분포도 표시가 가능하도록 하여 기상자료를 보다 정밀하고 용이하게 분석 이용할 수 있도록 웹기반 표시 소프트웨어를 개발하였다.

2. AWS 시스템 설치

우리나라 고령지를 대표할 수 있는 평창 및 대관령 지역에 AWS를 12 설치하였다(Table 1). 설치장소의 선정기준은 표고, 수직적 분포와 수평적 거리분포, 주

Table 1. List of automated weather stations (AWS) installed in the alpine area

Station code	Station ID	Site description	Altitude (m)	Latitude	Longitude	Installation years
0301	송정시험지 SongJung	강릉시/견소동/207-1 강릉시험지, 해안가	11	37°46'15"	129°56'18"	1997
0302	안반덕이 Anbanduk	강릉시/왕산면/대기4리 씨감자, 고령지배추단지, 고개마루	1,063	37°36'59"	128°44'28"	1993
0501	태백귀네미 TaeBack	태백시/삼수동/귀네미골 고령지배추단지, 곡간	931	37°19'58"	129°00'28"	1998
0801	홍천자운 HongChun	홍천군/내면/자운4리 농가밭	700	37°43'00"	128°25'00"	1998
1101	평창센터 PCcenter	평창군/평창읍/여만리 평창군농업기술센터, 관측노장	312	37°22'30"	128°23'51"	2000
1102	췌싸리 ChikSari	평창군/방림면/운교리 췌싸리고개 유스호스텔내 잔디밭	720	37°25'37"	128°16'19"	2000
1103	계촌다리 GeChon	평창군/방림면/계촌4리 하천면, 논주변	522	37°26'54"	128°18'17"	1994
1104	방림분장 BangRim	평창군/방림면/방림5리 강원도농산물원종장 방림분장내 논밭혼합지역	372	37°25'25"	128°24'08"	2000
1105	신리 SiLi	평창군/대화면/신리4-2반761번지 농가밭, 완만한 동사면	514	37°32'04"	128°27'05"	2000
1106	가평초교 GaPyung	평창군/대화면/하안미리 가평초교내/곡간(개방도 낮음)	482	37°26'40"	128°29'03"	2000
1107	봉평산채 SanChae	평창군/봉평면/홍정리 산채시험장내 관측노장, 곡간	608	37°37'44"	128°21'14"	1994
1108	횡계시험장 HoengGe	평창군/도암면/횡계3리 고령지농업시험장내 관측노장	800	37°40'55"	128°44'28"	1997

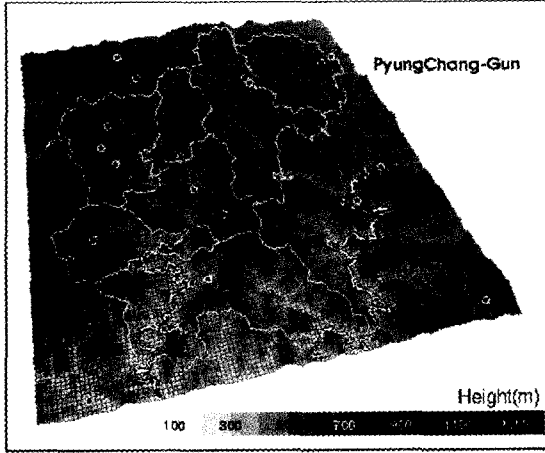


Fig. 1. Location of automated weather stations on a topographical map of the study area.

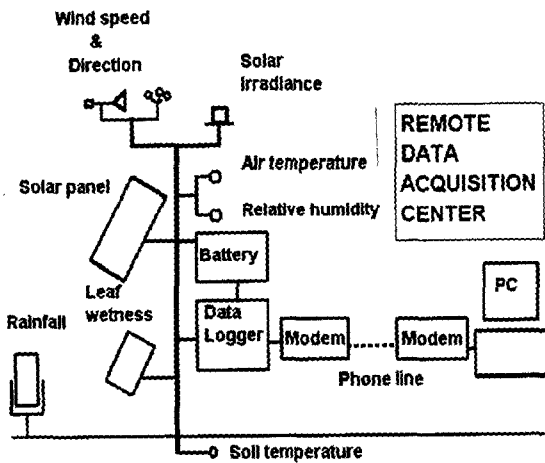


Fig. 2. Schematic diagram of the hardware components automated weather stations.

요 작물재배지이면서 통신 가능한 지역, 그 외에 지형적 조건 등이 고려되었다(Fig. 1). 주요 관측요소는 온도, 일사량, 일조시수, 습윤지속기간, 상대습도, 강수량, 풍향 풍속, 지온(지하 10 cm, 지하 20 cm), 토양수분 등 농업기상에서 다루어지는 대부분의 요소들이다(Fig. 2). 특히 강릉과 대관령 고령지농업시험장에는 열수지분석이 가능하도록 온습도센서를 1 m 간격으로 두 층위를 두어 설치하고 순복사량과 지중전열량을 추가하여 설치하였다. 이와 함께 금년부터 자외선 측정장치(UVa, UVb, UVc)를 강릉과 대관령 두 지역에 설치하여 1시간 간격으로 측정하여 자료를 축적하고 있다.

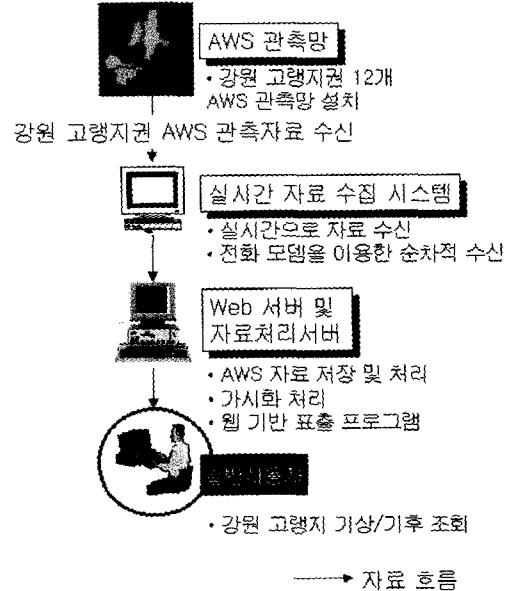


Fig. 3. The flow chart of weather data and products in the alpine agricultural weather monitoring network.

3. 시스템 구성도

Fig. 3은 관측자료의 흐름을 단계별로 표현한 것이다. 웹 서버의 운영체제는 Linux이며, 웹 서버로는 아파치를 사용하고 있다. AWS로부터의 자료수집을 위한 소프트웨어 PC208W(Campbell scientific, LTD)와의 자료교환은 TCP/IP를 이용하여 수행된다. 전처리와 이미지 처리는 C++/Fortran 언어로 수행되며, 이미지 생성 패키지는 (주)첨성대의 GGLIB v1.0을 이용하였다. 본 시스템은 현재 자료공유에 유용하게 사용되고 있는 웹 방식으로 사용자 인터페이스를 구성하였으며, 웹 문서는 HTML/PHP 등을 사용하여 생성하였다. 공간분포도 및 문자조회시 차후 확장성을 고려하여 전국/강원도(도별)/평창군(군별) 단위로 지역적으로 세분하여 분류하였다. 일반사용자들은 네트워크가 연결된 PC에서 인터넷 브라우저(Explorer, Netscape)를 이용하여 손쉽게 본 시스템을 사용할 수 있다.

4. 자료수집 및 분석

AWS에 설치된 모든 센서에서는 환경조건에 따른 전기신호를 발생하는데, Datalogger에 의해서 매분단위로 이 전기적인 신호를 기상값으로 변환시키고 매 정

시에 한 시간의 평균값, 적산값 등을 계산하여 내장된 RAM에 저장하도록 하였다. 매일 자정에 기상요소별로 그날의 최고, 최저, 평균값, 적산값 등을 계산하여 저장한다. Datalogger는 시스템의 안정성, 센서 호환성, 내구성, 사용상의 편의 등을 고려하여 CR10X(Campbell scientific, LTD)을 사용하였다. 자료수집은 노트북 등 휴대용 PC를 이용하여 수집이 가능하나 본 시스템에서는 전화선을 통한 원격지 온라인 수집방법을 쓰고 있다. 이 방법은 시험장의 주전산기에 설치된 모니터링 프로그램에 의해서 정해진 시간스케줄로 무인 기상관측소에 자동으로 전화를 걸어 RAM에 저장된 자료를 수집하여 하드디스크상에 화일로 저장하는 것이다(Fig. 4). 기상자료의 수집 및 기본적인 분석은 미국 Campbell사에서 제공하는 PC-208W로 가능하다.

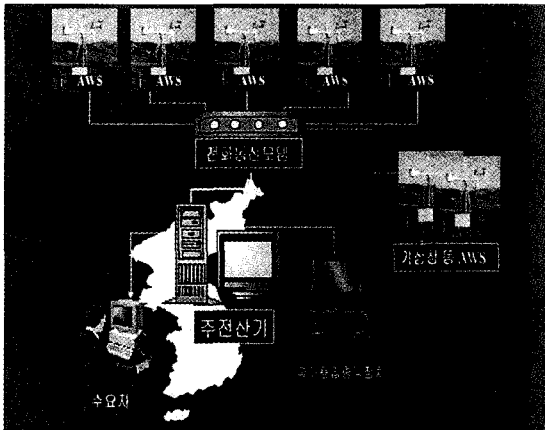


Fig. 4. Hardware configuration of the alpine agricultural weather monitoring network.

시각	기온	습도	강수량	일사량	풍속	풍향
04 00:00	5.4	100.0	219.9	208.4	0.0	13.5
04 01:00	7.0	100.0	116.3	34.4	0.0	14.4
04 02:00	7.4	95.1	321.3	350.4	0.0	14.3
04 03:00	5.2	100.0	294.5	278.3	0.0	9.0
04 04:00	4.3	100.0	389.7	25.0	0.0	12.0
04 05:00	15.5	95.0	256.0	223.7	0.0	16.0
04 06:00	3.0	96.5	0.0	0.0	0.0	0.0
04 07:00	9.0	97.7	270.8	308.8	0.0	0.0
04 08:00	8.7	87.8	68.6	130.8	1.1	1.7
04 09:00	6.0	86.0	140.0	87.6	0.1	0.5
04 10:00	7.5	88.5	226.2	134.6	0.1	0.6
04 11:00	8.2	90.0	177.5	50.0	0.1	1.0
04 12:00	7.8	96.4	236.4	303.8	0.7	1.3
04 13:00	5.9	100.0	272.2	278.2	0.0	0.0
04 14:00	4.9	100.0	143.3	116.6	0.4	1.2
04 15:00	6.0	95.0	299.7	288.0	1.5	2.3
04 16:00	5.0	97.3	150.4	325.3	0.0	0.0
04 17:00	5.0	77.5	151.8	199.0	0.0	0.0

Fig. 5. Display of the point-based weather information.

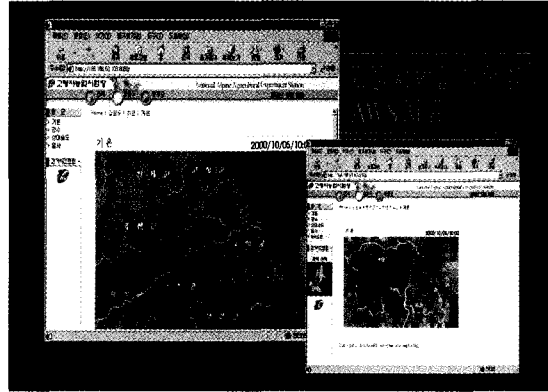


Fig. 6. Display of the area-averaged weather information.

고령지농업시험장에서는 수집된 기상자료를 농업현장에서 용이하게 이용할 수 있도록 (주)첨성대와 함께 기상분석 시스템을 개발하였다. 즉 수집된 기상정보는 문자(수치)정보(Fig. 5)와 분포도를 나타내는 그래픽정보(Fig. 6)로 가공되어 저장되며 시험장 홈페이지에 게재하여 인터넷으로 정보를 제공할 수 있도록 하였다. 기상의 공간분포도를 이용하면 기상장치가 설치되지 않은 지역까지도 해당지역의 지형정보를 반영한 기상상태를 입체적으로 파악할 수 있다. 기상분포도는 일반적으로 수치표고모형에 의한 공간보간법(interpolation)이 널리 이용되고 있다(류, 1994). 본 시스템에서 이용된 공간분포도는 우리나라 전 국토를 사방 1 km 단위의 그물망(mesh) 형태로 세분하여 작성한 지형도를 토대로 작성하였다(과학기술처, 1992). 그래픽은 온도, 상대습도, 강수, 일사 등은 준 실시간으로, 일일평균(적산) 기온(최고 최저 평균), 일조시간, 상습, 일사, 강우 기타 필요한 요소는 일일값을 나타냈다. 특히 기온의 분포도는 경사도가 심한 산악지형의 특수성을 고려하여 작성된 공간내삽모형, 즉 기존의 거리역산가중 기법을 토대로 하고 고도-기온관계를 결합한 공간내삽모형을 이용하여 표출하였다(윤 등, 2000). 농림기상학회에서 제공하는 1 km 단위의 30년 평년 mesh기후도도 함께 비교하여 볼 수 있도록 하였다. 또한 정보의 활용도를 높이기 위해서 지리정보시스템과 연계하여 좌표를 별도 표시할 수 있도록 하였다(Fig. 6).

5. 표출자료 검증

우리나라 중관기상관측분야에서는 공간분포도 표출

을 위해서 주로 거리역산가중법(Inverse distance weighting; IDW)에 의한 공간내삽법을 이용하고 있다. 그러나 분석스케일과 자료의 이용목적 등이 다른 농업 기상분야에서 이 방법을 그대로 적용하기에는 무리가 있는 것으로 생각된다. 특히 고랭지와 같이 지형이 복잡한 산악지역을 대상으로 분포도를 작성할 때에는 단순한 거리역산가중법 보다는 표고편차에 의한 고도보정과 기온감율을 고려한 거리지승역산가중(Inverse distance squared weighting; IDSW)을 이용한 공간내삽기법이 더욱 정확도가 높은 것으로 보고한 바 있다(윤 등, 2000). 본 연구에서는 거리지승역산가중법에 표고편차(Altitude deviation; AD)에 의한 기온감율을 추가한 모형식(IDSWAD)을 이용하여 공간내삽 기상분포도를 작성하여 현재의 단순 거리역산가중법에 의한 자료와 비교하여 보았다. Fig. 7(a)는 기상청 기온자료를 바탕으로 작성한 거리역산가중법에 의한 공간분포도이며, (b)는 기상청과 고령지농업시험장 AWS 자료를 바탕으로 하고 표고편차를 고려한 거리지승역산가중 모형식으로 생성한 공간분포도이다. Fig. 7(b)에서 보여주듯이, 표고편차를 고려한 모형식을 이용하고 AWS를 추가 설치하였을 경우 자료의 정확성이 현저

히 향상되는 것을 알 수 있었다. 특히 고도가 높은 곳의 저온 현상을 뚜렷이 표현하고 있다.

공간내삽법에 의한 추정치가 산악지형에서 어느 정도 실제값에 접근하는 지를 알아보기 위하여 거리역산가중법(IDW)에 의한 추정치와 거리지승역산가중법에 기온감율을 추가한 모형식(IDSWAD)에 의한 추정치를 산출하여 AWS로 측정한 실측치와 비교하여 보았다(Table 2). 표고가 낮은 지형에서는 거리역산가중법 만으로도 비교적 오차가 적었으나 높을수록 차이가 심한 경향이였다. 표고 600 m 정도까지는 추정오차가 1.5 °C 이하였는데 비하여 표고가 1,000 m 정도인 안반덕이와 태백의 경우 각각 4.3, 5.7°C 높게 나타났다. 모든 지역을 평균하여 볼 때, 거리역산가중법에 의한 추정치가 실측치에 보다 1.9°C 높았다. 거리지승역산가중법에 기온감율을 보정치를 추가하여 계산한 결과를 보면 표고 1,000 m 전후의 안반덕이와 태백은 측정치에 비하여 각각 1.6, 1.3°C 높았으나 평균하면 -0.3°C의 오차를 보여 단순 거리역산가중법에 의한 오차에 비해서는 상당히 개선된 결과를 보였다. 이러한 결과는 산악지형을 대상으로 분포도를 작성할 경우 표고와 기온감율을 고려한 모형식의 적용이 필요한 것으로 보고한

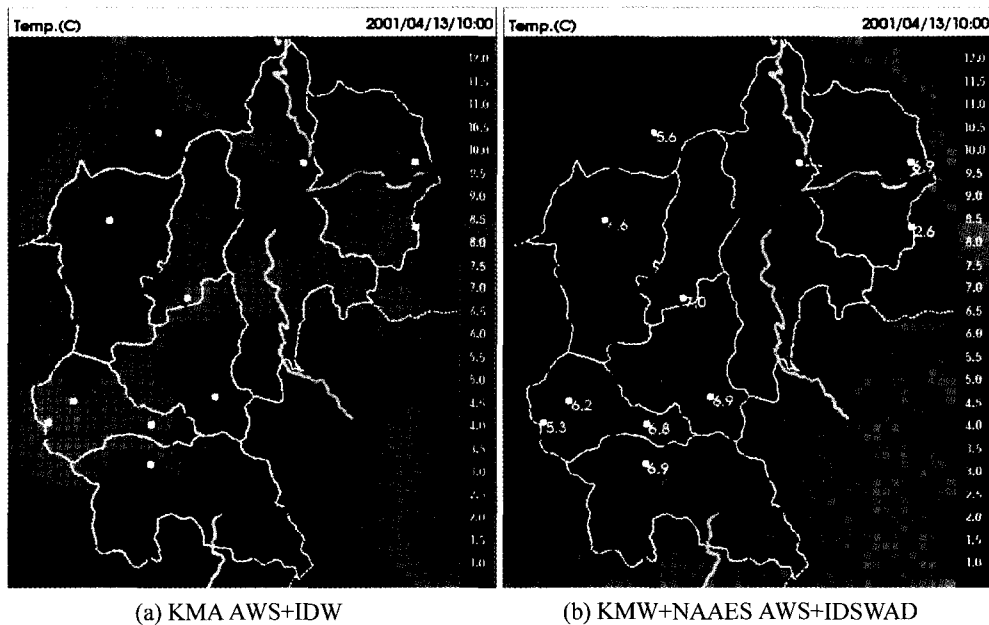


Fig. 7. The distribution of temperature in alpine area, (a) is outputs estimated by inverse distance weighting (IDW) based on Korea meteorological administration (KMA) AWS observation data, (b) is outputs estimated by inverse distance squared weighting (IDSW) with lapse rate correction based on KMA AWS data including national alpine agricultural experiment station (NAAES) AWS observation.

Table 2. Estimation errors in daily mean air temperature by the IDW interpolation and the IDSW + lapse rate correction of the KMA AWS

Station name	Measured ^Z (°C)	IDW		IDSW+lapse rate correction		Altitude (m)
		Estimated ^Y (°C)	Errors (°C)	Estimated ^X (°C)	Errors (°C)	
Anbanduk	-0.2	4.1	4.3	1.4	1.6	1,063
TaeBack	-0.1	3.2	3.3	1.2	1.3	931
HoengGe	0.1	4.3	4.2	-0.2	-0.4	800
ChikSari	0.5	2.5	2.1	-1.0	-1.5	720
HongChun	-1.0	2.1	3.1	-1.0	0.0	700
SanChae	-0.1	2.0	2.0	-0.7	-0.6	608
GeChon	3.1	4.0	0.9	3.0	-0.1	522
SilLi	0.8	2.1	1.3	0.1	-0.7	514
GaPyung	0.8	2.7	1.9	-0.4	-1.2	482
BangRim	1.3	2.4	1.1	1.7	0.4	372
PCcenter	2.4	2.9	0.5	2.2	-0.2	312
SongJung	6.7	4.8	-1.9	4.6	-2.1	11
Avg.	1.2	3.1	1.9	0.9	-0.3	639

^Z: measured by AWS.

^Y: estimated by inverse distance weighting (IDW) interpolation schemes based on KMA AWS.

^X: estimated by inverse distance squared weighting (IDSW) + lapse rate correction of the KMA AWS.

윤 등(2000)의 내용과 일치한 결과이다. 그러나 해발 11 m인 송정지역에서는 측정치에 6.7°C에 비하여 2.1°C 낮게 추정되었는데 이는 본 모형식에서는 계절적인 해안의 특성이 고려되지 않은 데에서 기인된 것으로 추정된다. 이는 본 연구에서 기온감율은 표준대기의 평균감율인 0.65로 하였는데 금후 계절별 감율 파라메터를 적용하게 되면, 보다 정확도 높은 산악 및 해안지형의 기상분포도 작성이 가능해질 것으로 생각된다.

6. 기상정보의 농업적 이용방법

기상정보의 이용방법은 필요로 하는 정보에 따라서 선택이 가능한데, 고령지농업시험장 홈페이지(www.naacs.go.kr)의 고령지기상정보를 선택하면 고령지농업시험장 농업기상정보의 바탕화면이 나온다. 여기서 전국 강원도 평창군 중 필요한 지역을 선택하고, 기상정보의 종류 즉 분포도(실시간) 문자조회 기후도 과거시간조회 메뉴를 선택하여 여기서 수차정보와 분포도를 구분하여 표출하도록 하였다. 문자정보는 모든 관측지점의 기상상태를 동시에 비교하여 볼 수 있는 현재기상과 금일의 현재까지의 시간대별 기상을 나타내는 금일기상, 매일 매일의 평균 혹은 적산값을 일일단위로

나타내는 일별기상을 주선택메뉴로 작성되어 있고 지역과 시간 등 필요한 정보를 선별하여 이용할 수 있다. 문자조회를 클릭하면 문자(수치)정보를 볼 수 있다 (Fig. 5).

본 시스템에서 생산되는 기상정보는 입체적이고 정량적인 정밀분석이 가능하여 이용자의 정보분석 속도가 향상되고, 실용성이 있는 모형이 개발되어 통합되면 정보의 이용분야가 넓을 것으로 생각된다. 냉해 한해지대 등 기상재해지역의 정밀추정이 가능하여 각종 재해를 회피할 수 있는 대책이 마련될 수 있다. 작물 및 병해충모형과 연계되면 신소득 작물도입 및 적지의 평가와 작황의 조기 정밀추정은 물론 병해충에 대한 입체적이고 동적인 예찰정보의 제공으로 종합적인 병해충관리에 중요한 기초자료로 활용할 수 있다. 이외에 농업의 환경적 공익기능 분석, 생태계 변화 추정 등 이용분야는 아주 넓을 것으로 생각된다.

본 시스템의 개발로 향후 우리나라 산지의 농업기상정보시스템의 모형이 마련되었다. 즉 기상청의 기상관측망과 농촌진흥청 AWS의 통합과 특이지형에 추가 설치하면 전국적인 정밀기상관측과 정보수집 및 분석, 여타의 속성정보 등이 실시간으로 연결되어 농업적 실용가치가 높은 종합적인 농업환경분석 시스템 구축이 가능하게 되었다.

인용문헌

- 고령지농업시험장. 1997-2000: 고령지 및 영동지역 국지기상환경 해석. 시험연구 보고서.
- 과학기술처. 1992: 전국그물망기후값 추정 및 기후도작성 연구(III). 기상연구소 주관 특정연구개발사업 연구보고서.
- 과학기술처. 1993-1994: 기상정보에 의한 지역농업생산력 및 병해충 예측기술개발(I),(II). 고령지농업시험장 주관 특정연구개발사업 연구보고서.
- 농촌진흥청. 1995: 기상정보에 의한 지역농업생산력 및 병해충 예측기술 개발. 고령지농업시험장 주관 특정연구개발사업 연구보고서.
- 류복모. 1994: 지형공간정보론. 동명사. 338p.
- 안재훈, 이정명, 윤진일, 함영일, 김병현, 엄영현, 김정간. 1996: 기상정보에 의한 감자 생장 및 수량예측 모형작성. I. 이론식 작성 및 parameter 추정. 농업논문집 **38**(2), 331-344.
- 안재훈, 함영일, 박은우. 1998: 감자 역병 초발생일 예찰을 위한 '이동평균법' 개발. 한국식물병리학회지. **14**(1), 34-40.
- 윤진일, 최재연, 윤영관, 정유란. 2000: 산악지대의 일 최저기온 공간내삽모형. 한국농림기상학회지. **2**(4), 175-182.