

어젠다코드	6 - 20 - 71		구분	완결	
기술분야코드	V2	기술유형코드	M03	작목구분코드	MI-01-MI11
과제종류	농업공동연구		세부사업(약어)	농업정책지원기술개발	
과제명	목초 및 사료작물의 생산수량 예측식 정밀화 및 농가용 앱 개선연구				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	성경일		교수	강원대학교 초지사료학과	
연구기간	2016 ~ 2018(3년)		참여연구기관	강원대학교, 국립축산과학원	
	세부과제명		부서	세부책임자	연구기간
	3) 재배지별 기후조건, 토양조건, 초종(품종) 및 재배 기술의 적용에 따른 수량 예측 모델의 정밀도 향상 기술 개발		산채연구소	김경대	'17~'18
색인용어	사료작물, 수량예측, 개선, 앱				

ABSTRACT

A. Development of Quantitative Predictive Modification Models for Summer Forage Crops.

A formula for estimating the quantity of corn and sorghum was developed. Estimation of the yield of corn was taken into consideration for climate, soil, breed, seeding time and harvest time. Estimation of the yield of sorghum was taken into consideration of climate, soil and seeding time.

B. Development of Quantitative Prediction Modification Model for Winter Forage Crops

Quantitative prediction equation of Italian rice, blueberry, and rye was developed. The quantity was considered predictive of Italian ryegrass expressions climate, soil, variety, planters, harvesters. Quantity prediction formula of the blueberry was taken into consideration of climate, soil, and planting season. Estimation of the quantity of rye was taken into consideration for climate, soil and seeding.

C. Development of climate prediction formula using meteorological data to improve prediction accuracy

The daily average temperature estimation method using the geographical information was developed to improve the precision of the feed crop quantity prediction formula. The daily average temperature estimation method uses multiple regression equations for the latitude, longitude, altitude and daily average temperature of the surrounding weather stations.

D. Estimation of quantity of forage crops Modified model application App demonstration and supplement

Application for the convenience of the user of the quantity estimation formula was developed. Application was developed to provide expected quantity information in selected regions when selecting cultivated regions and crops.

1. 연구목표

사료작물의 재배지역, 재배기간, 재배기술 적용 등을 통해 건물생산수량을 예측하여 정부 및 기관의 정책수립, 개별 농가의 마케팅 계획 및 경영의 정보를 제공하기 위하여 과거 사료작물의 생육정보 자료를 수집하고, 생육 정보를 통해 지역 및 시기를 추출하여 재배환경 정보로서의 토양 정보 및 기후정보를 수집하고, 생육정보와 재배환경정보를 이용한 관계를 분석하고, 이를 통하여 생산수량 및 품질에 미치는 요인을 검색하고 수치화 하고자 하였으며, 생육 정보 중 생산수량에 미치는 요인을 재배 관리적인 측면에서 분석하여 재배관리 요인을 분석하여 생산수량 및 품질에 미치는 영향의 관계를 분석하고자 하였다.

또한 개발된 건물생산 예측식을 이용하여 농가에서 이용 가능한 웹페이지 및 애플리케이션(스마트 폰용 앱)을 개발하여 제공하고자 하였으며, 이를 위하여 본 협동과제는 토양 및 기후자료를 수집, 생육정보와의 병합을 통해 분석용 기초자료(데이터셋)를 작성 제공하고, 새로운 정보의 추가, 신규 요인 항목의 추가를 통해 지속적인 데이터 셋 업데이트를 하고자 하였으며, 추가적으로 예측식 정밀도 향상을 위한 기존 예측식을 개발하였다.

2. 재료 및 방법

〈제1세부과제: 재배지 별 기후조건, 토양조건, 초종 (품종) 및 재배기술의 적용에 따른 수량 예측 모델의 정밀도 향상 기술 개발〉

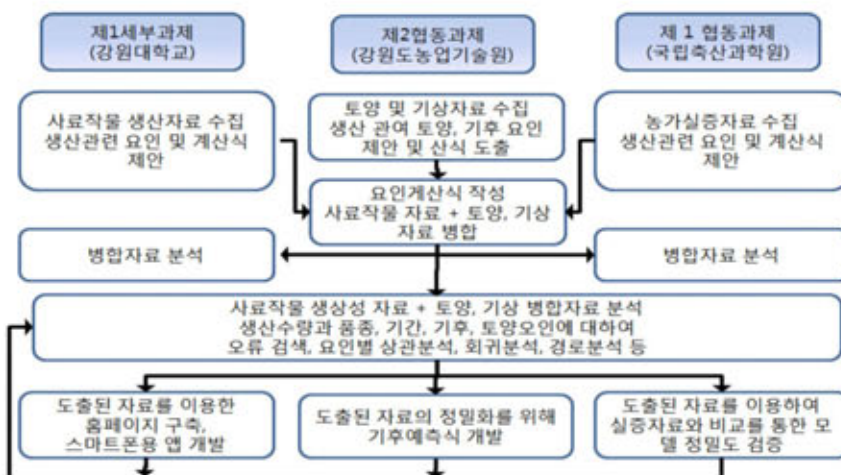


그림 1. 전체 과제의 연구수행 체계도

전체과제의 연구수행 체계는 3세부과제로 이루어져 있으며, 주관과제인 제1세부과제, 실증시험을 위한 제1협동과제, 재배환경과 관련된 각종자료 제공을 위한 제2협동과제로 이루어져 있으며, 이는 제1세부과제에서 사료작물 관련 자료를 수집하면, 제2협동과제에서 기상 및 토양자료를 병합하고, 다시 제1세부과제에서 오류 및 중복자료를 수정, 보완한다. 이때 기상 및 토양자료의 오류가 발생 시 다시 반복하는 과정을 거친 후, 데이터셋을 상관분석, 다중회귀분석 등 다양한 분석을 통해 건물 생산수량에 관여하는 인자를 선정하고 예측식을 1차로 도출한다. 그리고 각 과제 담당자 및 관련자들이 모여 예측식을 분석, 논의하여 설명이 가능한 예측식을 도출하고, 제1협동과제에서 도출한 실증자료와의 비교를 통해 예측식을 확정하였다.

(시험 1) 하계사료작물의 수량예측 수정모델 개발

적용 작물은 사일리지용 옥수수과 수수×수단그라스 교잡종 2종이며, 제1세부과제에서 수집된 하계 사료작물 생산관련 자료에 기후, 토양자료 추가하고, 각 과제담당자 및 관련자들이 모여 생산수량과 품종, 재배기간, 적용 재배기술, 기후, 토양 간 관계를 분석하였다.

(시험 2) 동계사료작물의 수량예측 수정모델 개발

적용 작물은 이탈리아라이그라스(IRG), 청보리, 호밀 3종이며, 제1세부과제에서 수집된 동계사료 작물 생산관련 자료에 기후, 토양자료 추가하고, 각 과제담당자 및 관련자들이 모여 생산수량과 품종, 재배기간, 적용 재배기술, 기후, 토양 간 관계를 분석하였다.

(시험 3) 예측식 정밀도 향상을 위한 기상대 자료를 이용한 기후예측식 개발

예측식은 기후자료를 바탕으로 이루어지고 있어, 기후자료의 정밀도 향상을 위해 일평균기온, 월평균 기온 등 기후자료와 연도별 기상대 위치정보를 수집하였으며, 기존 기상 정보이용 예측자료 수집 하고, 위치정보와 평균기온과의 상관관계분석 및 다중회귀분석을 하였다.

(시험 4) 사료작물의 수량예측 수정모델 적용 앱 실증 및 보완

사용자 편의를 위한 농가용 앱에는 하계사료작물 2종, 동계사료작물 3종에 대하여 적용하였으며, 수정된 건물수량예측 모델에 필요한 요인항목을 작성 하였다.

3. 결과 및 고찰

〈제1세부과제: 재배지별 기후조건, 토양조건, 초종(품종) 및 재배기술의 적용에 따른 수량 예측 모델의 정밀도 향상 기술 개발〉

(시험 1) 하계사료작물의 수량예측 수정모델 개발

가. 요인항목 선정

선정된 기후 및 토양요인 항목은 재배기간 중 5℃ 이상과 10℃ 이상의 적산온도, 재배기간 평균 온도, 재배기간 중 0mm 이상과 5mm이상 강수량, 재배기간 중 0mm 이상과 5mm이상의 강수일수, 재배기간 중 5℃ 이상과 10℃ 이상의 일조시간의 기후요인9개 항목과 점토함량, 배수등급, 경사도, 유효토심, 자갈함량의 토양요인 5개 항목이다(표 1).

표 1. 선정된 기후 및 토양요인 항목

요인	항목	
기후요인 (9항목)	① 재배기간 중 5℃ 이상 적산온도, ② 재배기간 중 10℃ 이상 적산온도, ③ 재배기간 평균온도, ④ 재배기간 중 0mm 이상 강수량, ⑤ 재배기간 중 5mm 이상 강수량, ⑥ 재배기간 중 0mm 이상 강수일수, ⑦ 재배기간 중 5mm 이상 강수일수, ⑧ 재배기간 중 5℃ 이상 일조시간, ⑨ 재배기간 중 10℃ 이상 일조시간	
	토양요인 (5항목)	① 점토함량, ② 배수등급, ③ 경사도, ④ 유효토심, ⑤ 자갈함량

선정된 기후 및 토양요인 항목은 재배기간 중 5℃ 이상과 10℃ 이상의 적산온도, 재배기간 평균 온도, 재배기간 중 0mm 이상과 5mm 이상 강수량, 재배기간 중 0mm 이상과 5mm 이상의 강수일수, 재배기간 중 5℃ 이상과 10℃ 이상의 일조시간의 기후요인9개 항목과 점토함량, 배수등급, 경사도, 유효토심, 자갈함량의 토양요인 5개 항목이다.

나. 요인항목의 산식 도출(엑셀 적용산식)

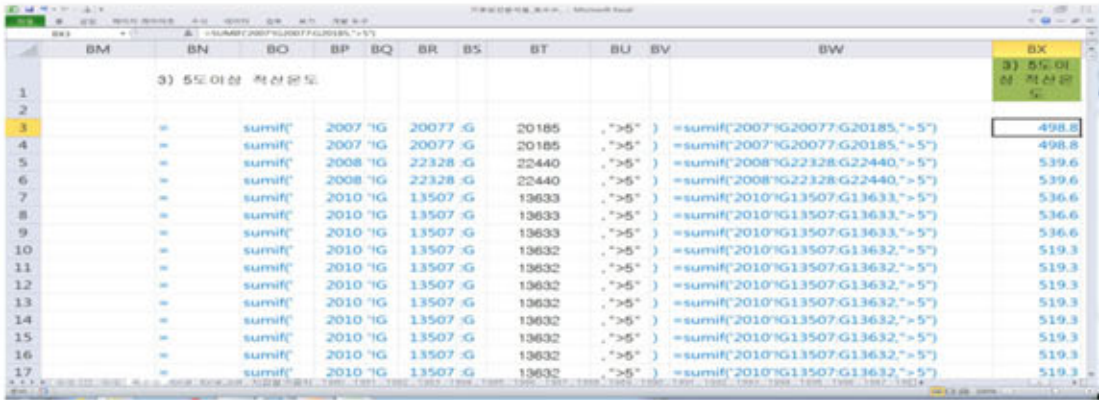


그림 2. 재배기간 적산온도 엑셀함수 사용 예시

※ 기상데이터 수집 엑셀 자료의 일평균기온이 "G" column에 위치하고 있음.

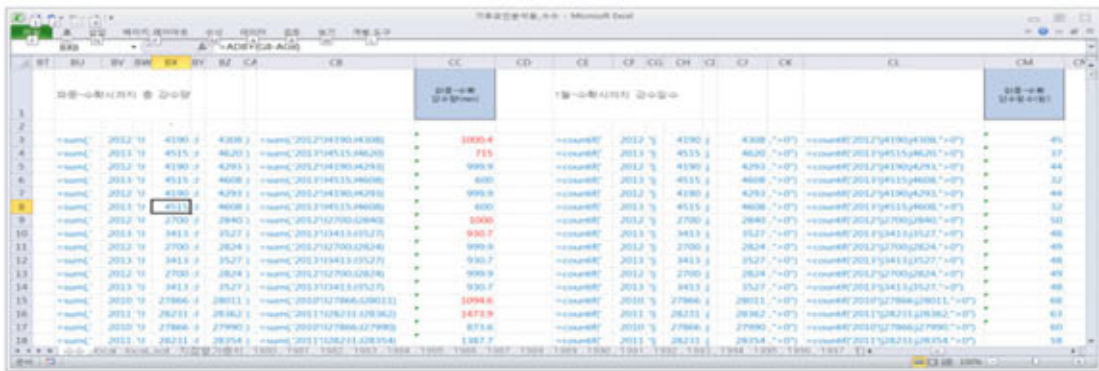


그림 3. 재배기간 강수량 및 강수일수 엑셀 함수 사용예시

※ 기상데이터 수집 엑셀 자료의 일누적강수량이 "J" column에 위치하고 있음.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with columns labeled CM, CN, CO, CP, CQ, CR, CS, CT, CU, CV, CW, CX, CY, CZ, DA, DB, and DC. The DC column contains numerical results. The formulas in the rows are variations of the sumifs function, such as '=sumifs(2012\'M4190\'M4308\'2012\'G4190\'G4308\'>0)'. The results in the DC column range from 670.7 to 587.9.

그림 4. 재배기간 0℃ 이상 일조시간의 엑셀함수 사용 예시

※ 기상데이터 수집 엑셀 자료의 일평균기온이 "G", 일조시간이 "M" column에 위치하고 있음

이를 엑셀에서 구현하기 위한 기후요인 항목의 각 산출식 예시는 (그림 2), (그림 3), (그림 4)와 같으며, 적산온도는 [sumif] 함수를, 평균온도는 [average] 함수를, 강수량은 [sumif] 함수를, 강수일수는 [countif] 함수를 적용하였고, 일조시간은 sumifs 함수를 적용하여 산출하였다. 기상청에서 제공받은 기후자료를 정리한 엑셀자료의 형태는 (그림 5)와 같다.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with columns labeled A through S. The spreadsheet contains data for various years and months, including temperature, precipitation, and wind speed. The S column shows the final calculated results. The data is organized in a table with columns for Region, Date, Year, Month, Day, Julian_D, Tave, Tmin, Tmax, Prcp, Wind_ave RH, LT, day>5, day_prcp, T_acc, Date, LT_acc>5, and Tave_susa.

그림 5. 기후자료의 엑셀용 정리 데이터 형태

기후요인은 기상자료로부터 계산을 통해 산출해야 하는 반면, 토양요인은 각 지역별 토양의 특성을 추출하는 방식으로 토양요인 항목의 데이터 형태는 (그림 6)과 같으며, 이를 통해 추출하는 방식을 (그림 7)과 같다. 추출을 위해 [vlookup] 함수를 사용하였다. 각 토양요인 항목의 값을 수치로 환산한 값은 (표 2)와 같다.

그림 6. 토양부호별 토양특성 데이터베이스 예시

그림 7. 사료작물 정보의 시험지역 정보에서 토양부호를 추출하고, 토양요인 항목 추가 예시

표 2. 토양요인 항목 변환값

토성명칭	점도함량 (%)	변환값	배수등급		경사도 (%)		유효토심 (cm)		자갈함량	
			배수유형	변환값	경사도	가변수	토심	가변수	자갈 구분	가변수
미사질식양토	40		매우불량	1	0-2%	2	<20	20	0	1
미사질양토	25		불량	2	2-7%	7	20-50	50	잔자갈이 있는	2
사양토	22.5		약간불량	3	7-15%	15	50-100	100	자갈이 있는	3
세사양토	22.5		약간양호	4	15-30%	30	>100	150	돌이 있는	4
양토	20		양호	5	30-60%	60			둥근바위가 있는	5
식양토	30		매우양호	6	60-100%	100			돌과둥근바위가있는	6
양질사토	12.5								바위가 있는	7
양질세사토	12.5								바위가 많은	8
양질조사토	12.5									

기후 요인 및 토양요인 항목의 적용 시 연도별 파종기와 수확기의 변화에 대해서는 엑셀에서 제공되는 함수가 없어, [concatenate: 여러셀에 있는 문자열을 합하여 1개의 문자열로 만들어 주는 함수] 함수를 이용하여 서로 다른 파종기와 수확기의 자동입력에 적용하였다. [concatenate] 함수의 적용으로 1000개이상의 생산자료에 10여종 이상의 기상요인 항목의 적용 시간을 줄일 수 있어 인력 및 시간을 대폭 절감할 수 있었다.

다. 사료작물 수집 자료 분석 및 기후 토양 자료 추가

(1) 사료작물 수집 자료 분석 : 제1세부과제에서 작성

제1세부과제에서 사료작물 자료를 수집하였으며, 수집된 내용은 수집 출처, 재배지역, 파종, 수확 시기, 시비량 정보, 생육특성, 수확기 생육특성, 생산량 등이며, 정리된 내용은 엑셀로 정리하였으며, 그 예시는 (그림 8)과 같다.



그림 8. 사료작물 생육 정보 수집 자료 예시

(2) 필요자료(지역, 재배시기 등) 추출 및 엑셀 함수 적용 산식 작성

제1세부과제에서 제공받은 사료작물 생산관련 자료 중 기상 요인 항목의 추출에 필요한 자료는 지역, 시험연도, 파종일, 수확일이며, 지역은 기상자료를 가지고 올 기상대를 선정할 때 필요하며, 시험연도는 기상자료의 조사연도에 필요하며, 파종일 및 수확일은 재배기간 및 시작일과 종료일의 산정에 필요하며, 특히 지역은 토양요인 항목 추출에도 적용된다. 추출 및 적용하기 위한 사료작물 정보의 지역 및 재배시기를 이용한 기후요인 항목산식 계산 자료 예시는 (그림 9)와 같다.

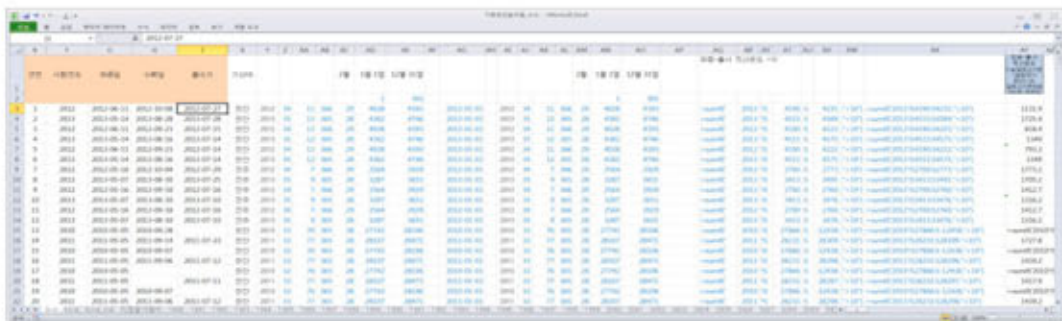


그림 9. 사료작물 정보의 지역 및 재배시기를 이용한 기후요인 항목 산식 계산 자료 예시

(2) 수수×수단그라스의 수량예측 수정모델 개발

- 기후 $DMY = 4652.71 + 5.235 SHAGDD - 4.209 SHRF + 0.704 SHST$
 ※ SHAGDD: 파종-수확적산온도, SHRF: 파종-수확 강수량
 SHST: 파종-수확 일조시간
- 토양 $DMY = \text{기후 } DMY \times CC^2$
 ※ CC^2 : 점토함량에 따른 함수값
- 품종: 없음
- 파종일 $DMY = -0.0065x^2 - 0.0474x + 23,771$
 ※ x = 기준 파종일을 0으로 하여 -30 ~ 30일
- 수확일 $DMY = 8,899 + 43.070x - 5.802x^2$
 ※ x = 기준 파종일을 0으로 하여 -30 ~ 30일

(시험 2) 동계사료작물의 수량예측 수정모델 개발

가. 요인항목 선정

표 3. 선정된 기후 및 토양요인 항목

요인	항목	
기후요인 (9항목)	① 파종~0℃일수(가을 생육일수), ② 파종~0℃ 적산온도(가을 적산온도),	
	③ 월동기간 중 최저온도, ④ 최한월(1월)의 최저온도,	
	⑤ 최한월(1월)의 평균온도, ⑥ 최한월(1월)의 최고온도	
	⑦ 이듬해 평균기온이 0도 이상이 되는날부터 수확일까지의 기간 (봄 생육기간)	
	⑧ 이듬해 평균기온이 0도 이상이 되는날부터 수확일까지의 적산온도 (봄 적산온도)	
	⑨ 이듬해 1월 1일부터 온도를 더해서 100℃되는 날짜	
	⑩ 이듬해 1월 1일부터 온도를 더해서 100℃되는 날까지의 기간	
	⑪ 이듬해 1월 1일부터 온도를 더해서 150℃되는 날짜	
	⑫ 이듬해 1월 1일부터 온도를 더해서 150℃되는 날까지의 기간	
	⑬ 1월~수확시까지 총 강수량(0mm 이상, 5mm이상)	
	⑭ 1월~수확시까지 강수일수(0mm 이상, 5mm이상)	
	⑮ 이듬해 1월 1일부터 수확일까지의 일조시간(0℃이상, 5℃이상)	
	토양요인 (5항목)	① 점토함량, ② 배수등급, ③ 경사도, ④ 유효토심, ⑤ 자갈함량

선정된 기후 및 토양요인 항목은 파종~0℃일수 (가을 생육일수), 파종~0℃ 적산온도(가을 적산온도), 월동기간 중 최저온도, 최한월(1월)의 최저온도, 최한월(1월)의 평균온도, 최한월(1월)의 최고온도, 이듬해 평균기온이 0도 이상이 되는날 부터 수확일까지의 기간 (봄 생육기간), 이듬해 평균기온이 0도 이상이 되는날 부터 수확일까지의 적산온도 (봄 적산온도), 이듬해 1월 1일부터 온도를 더해서 100℃되는 날짜, 이듬해 1월 1일부터 온도를 더해서 100℃되는 날까지의 기간, 이듬해 1월 1일부터 온도를 더해서 150℃되는 날짜, 이듬해 1월 1일부터 온도를 더해서 150℃되는 날까지의 기간, 1월~수확시까지 총 강수량(0mm 이상, 5mm이상), 1월~수확시까지 강수일수(0mm 이상, 5mm이상), 이듬해 1월 1일부터 수확일까지의 일조시간(0℃이상, 5℃이상)의 기후요인 9개 항목과 점토함량, 배수등급, 경사도, 유효토심, 자갈함량의 토양요인 5개 항목이다(표 3).

나. 요인항목의 산식 도출(엑셀 적용산식)

엑셀에서 구현하기 위한 기후요인 항목의 각 산출식 예시는 (그림 11, 그림 12, 그림 13, 그림 14)와 같으며, 생육일수는 [countif] 함수를, 적산온도는 [sumif] 함수를, 최저온도는 [min] 함수를, 평균온도는 [average] 함수를, 최고온도는 [max] 함수를 적용하였으며, 누적온도 100℃, 150℃까지의 날까지의 자료는 연도별 기후자료 내에 새로운 칼럼을 만들고 [sumif] 함수를 이용하여 0℃이상의 값을 누적하고, 기후요인 항목 탭에서 [vlookup] 함수를 적용한다. 강수량은 [sumif] 함수를, 강수일수는 [countif] 함수를 적용하였고, 일조시간은 sumifs]함수를 적용하여 산출하였다.

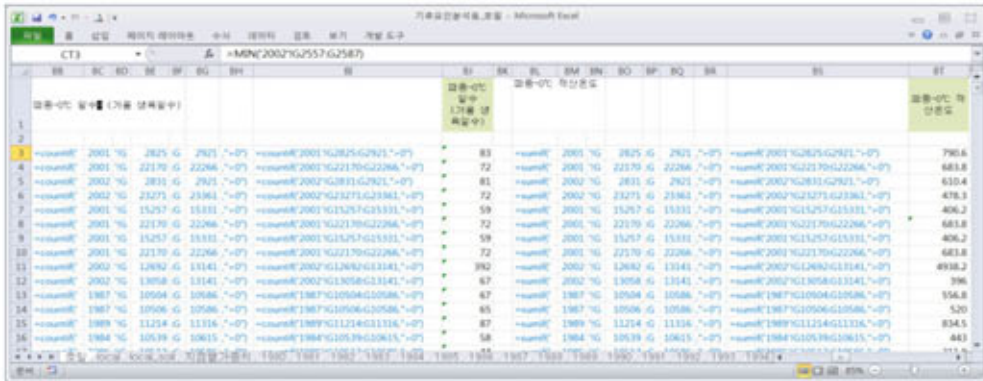


그림 11. 파종후 가을생육기간 0℃이상 일수 및 적산온도 산식 예시

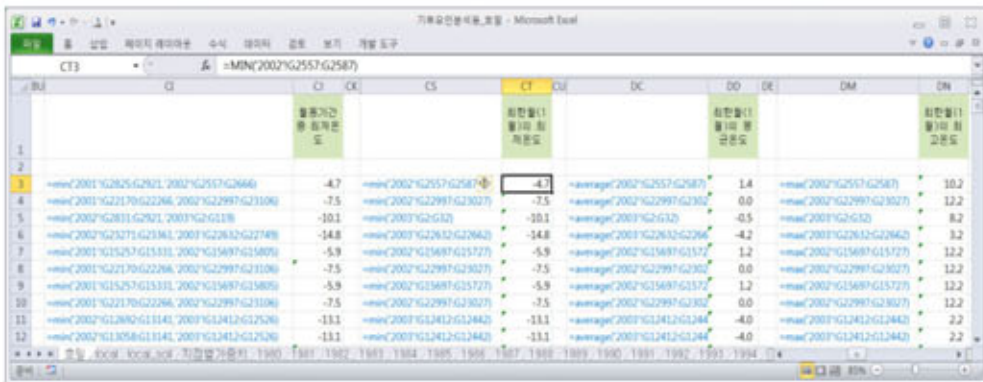


그림 12. 월동기간 중 최저온도, 1월 최저기온, 1월 평균기온, 1월 최고기온 산식 예시

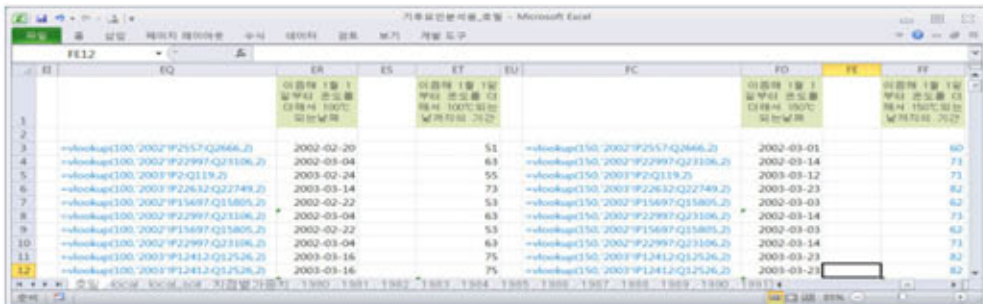


그림 13. 월동 후 0℃ 이상 누적온도 100℃, 150℃가 되는 날짜와 기간 산식 예시

라. 동계사료작물 생산수량과 각 항목별 관계분석

위의 과정을 거쳐 확정된 동계사료작물 건물 생산수량 예측식은 아래와 같다. 이는 제1세부과제에서 도출하고, 각 과제 담당자 및 관련 전문가들의 논의를 거쳐 작성 및 확정된 것이다.

(1) 이탈리아라이그라스의 수량예측 수정모델 개발

- 기후 $DMY = 1653,664 + 6,176 SRF - 84,627 AGD + 2,098 SST - 3,165 AAT - 28,341 PD150 + 2,601 SAT$
 - ※ SRF: 봄강수량, AGD: 가을생육기간, SST: 봄일조시간,
AAT: 가을누적온도, PD150: 누적온도150도달기간, SAT: 봄누적온도
- 토양 $DMY = 기후 DMY \times 0,0445 CC$
 - ※ CC: Content of Clay(%), 점토함량)
- 품종
 - 조생: $DMY \times 1,235$
 - 중생: $DMY \times 1,015$
 - 만생: $DMY \times 0,749$
- 파종일 $DMY = - 8,4943x^2 - 345,88x + 8186,7$ ※ 농업기술길잡이
 - ※ x = 기준 파종일을 0으로 하여 - 30 ~ 30일
- 수확일: 없음

(2) 청보리의 수량예측 수정모델 개발

- 기후 $DMY = 999,676 + 9,954 AGD + 47,181 SGD - 7,941 SST + 110,858 PD150$
 - ※ AGD: 가을생육기간, SGD: 봄생육기간, SST: 봄일조시간, PD150: 누적온도150도달기간
- 토양 $DMY = 기후 DMY \times \{ 1 - 0,0022 (Depth-50) \}$
 - ※ Depth: 토심 20 ~ 100, 100 이상은 110으로 설정
- 품종: 없음
- 파종일 $DMY = - 2,7404x^2 - 195,98x + 14,230$ ※ 농업기술길잡이
 - ※ x = 기준 파종일을 0으로 하여 - 30 ~ 30일
- 수확일: 없음

(3) 호밀의 수량예측 수정모델 개발

- 기후 $DMY = 811,326 + 95,578 AGD + 89,91 SGD - 5,735 AAT - 4,672 SAT$
 - ※ AGD: 가을생육기간, SGD: 봄생육기간, AAT: 가을누적온도, SAT: 봄누적온도
- 토양 $DMY = 기후 DMY \times 0,2557 Drain$
 - ※ Drain: 배수등급 불량 1 ~ 양호 6
- 품종: 없음
- 파종일 $DMY = - 3,539x^2 + 112,222x + 11,052$
 - ※ x = 기준 파종일을 0으로 하여 - 30 ~ 30일
- 수확일: 없음

(시험 3) 예측식 정밀도 향상을 위한 기상대 자료를 이용한 기후 예측식 개발

가. 기후 예측식 개발 목적 및 목표

(1) 목적

사료작물 건물생산수량예측식은 기후정보를 바탕으로 이루어져, 기후정보가 얼마나 정밀하고 정확하냐가 예측식의 정밀도에 영향을 주게 된다. 기후정보는 기상대의 정보(전국 90여개)를 이용하게 되어, 기상대와의 거리, 고도차 등으로 기상정보의 오차가 발생한다. 따라서 기상대와 먼 지역의 기후정보를 보정할 수 있는 기후예측 방법이 필요하다.

(2) 목표

삼각법 등으로 미지의 위치를 알 수 있듯이 적산온도 등 과거 재배기간 중의 기후정보가 기록되지 않음에도 불구하고 예측할 수 있는 방법을 개발하고자 하였다.

나. 자료수집

기상청 기상자료개방포털(data.kma.go.kr)에서 위치정보(종관기상대, 방재기상장치)와 일평균기온(종관기상대, 방재기상장치) 자료를 수집하였다.

다. 위치정보와 기온과의 상관관계 분석 : 종관기상대 및 방재기상지점(348개소)

(1) 월평균기온과 위치정보의 상관관계

종관기상대와 방재기상장치의 10년간 자료 중 10년 동안 누락되지 않고 10년 연속으로 있는 자료를 이용하였으며, 수집된 일평균기온을 이용하여 연평균기온과 월평균기온을 계산하고, 위치정보인 위도, 경도, 해발고도와 연평균기온, 월평균기온의 상관계수를 분석한 결과는 (표 4)와 같은 분포를 나타내었으며, 월평균기온, 순별 평균기온, 일평균기온과 위치정보의 상관계수 변화는 (그림 16, 17, 18)과 같았다.

표 4. 위치정보(위도, 경도, 해발고도)와 평균기온(년평균, 월평균)의 상관계수 분포

	연평균	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
위도	-0.707	-0.772	-0.766	-0.720	-0.564	-0.291	-0.083	-0.426	-0.451	-0.592	-0.616	-0.713	-0.774
경도	-0.109	-0.057	-0.009	0.076	0.112	0.069	-0.191	-0.180	-0.270	-0.293	-0.177	-0.161	-0.107
해발고도	-0.689	-0.512	-0.560	-0.610	-0.658	-0.597	-0.586	-0.680	-0.829	-0.772	-0.660	-0.585	-0.506

(2) 위치정보와 월평균기온, 순평균기온, 일평균기온의 상관계수 분포

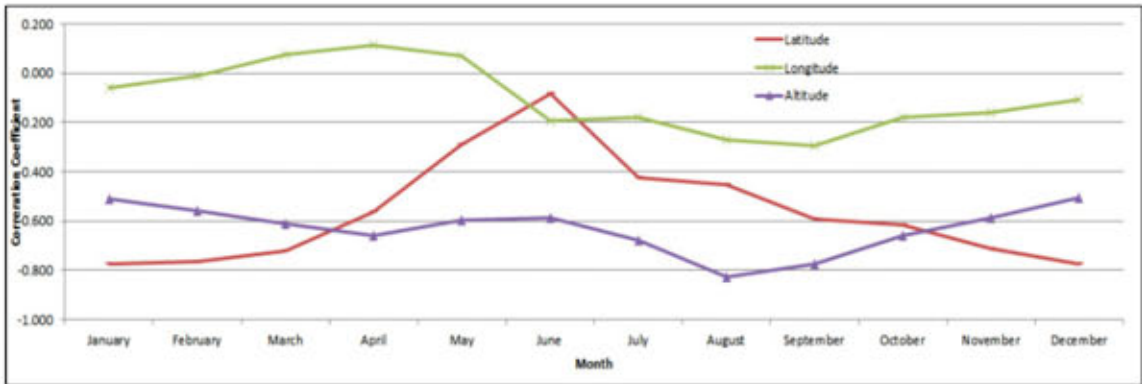


그림 16. 월평균기온과 위치정보의 상관계수의 월별 변화

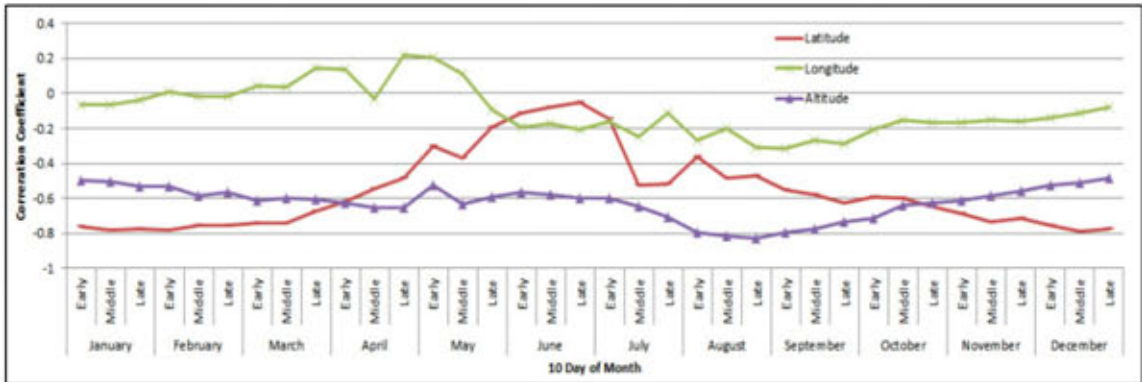


그림 17. 순(10일)평균기온과 위치정보의 상관계수의 순별 변화

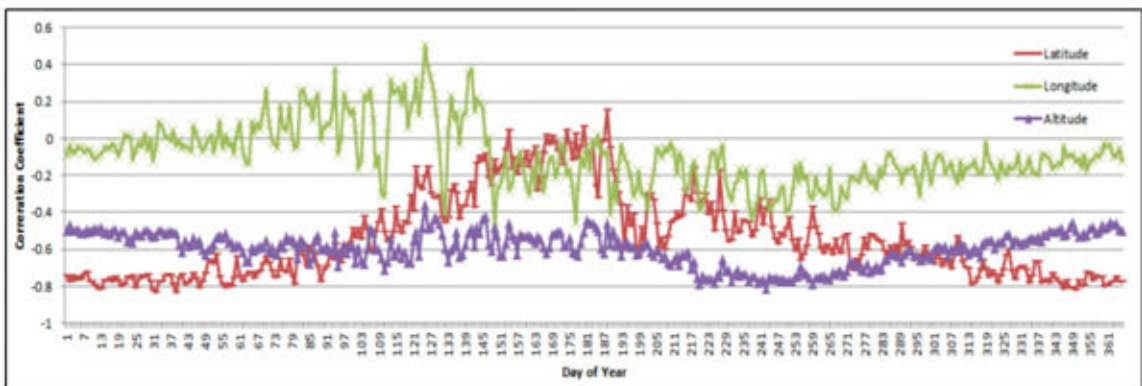


그림 18. 1519 일평균기온과 위치정보의 상관계수의 일별 변화

(3) 위치정보내 상관관계분석: 경도-위도, 경도-해발고도

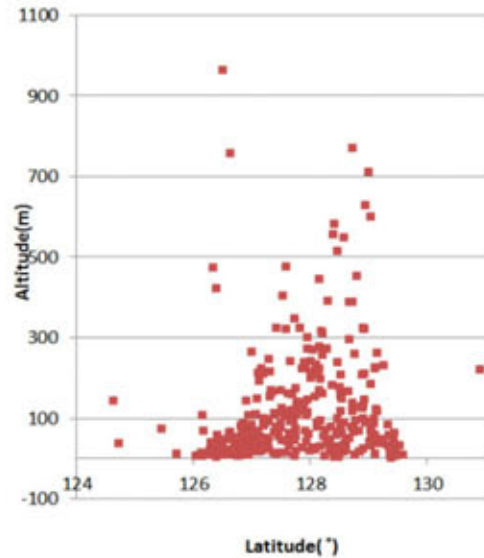
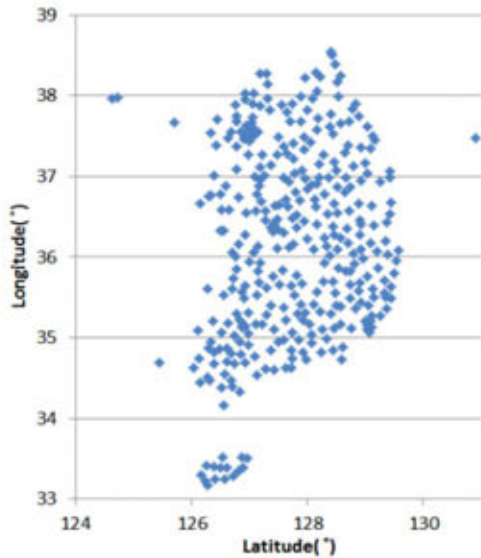


그림 19. 기상대 위치의 경도에 따른 위도분포

그림 20. 기상대 위치의 경도에 따른 고도분포

위치정보 간 독립성 여부를 판단하기 위해 분포도를 확인한 것은 (그림 19, 20)과 같았으며, 위도와 경도간은 독립적으로 판단되며, 경도와 해발고도는 경도가 높을수록 해발고도가 다소간 높아짐을 알 수 있었다. 이는 우리나라 지형의 특이성으로 동고서저의 영향으로 보인다. 위치정보(위도, 경도, 해발고도)와 평균기온(연평균, 월평균, 순평균, 일평균)의 상관관계를 분석한 결과 계절별로 차이는 있었으나, 위도와 해발고도는 높은 상관을 나타내었으며, 경도는 여름과 가을에 다소 상관을 나타내었다. 이를 통해 위치정보를 이용한 관계식을 도출 할 수 있을 것으로 판단된다.

다. 위치정보와 평균기온의 회귀분석: 종관기상대 및 방재기상지점(348개소)

(1) 위치정보(독립변수, x_1, x_2, x_3)와 년, 월 평균기온(종속변수, Y)과의 회귀계수

앞의 결과를 통해 다변량 회귀방정식이 가능할 것으로 판단되어 월평균기온과 위치정보의 회귀 분석 결과는 표 6과 같았으며, 회귀계수의 결정계수는 매우 높은 통계적 유의성을 나타내었다.

(2) 위치정보와 연평균기온 예측식 예시

아래 방정식은 위치정보를 이용한 평균기온 예측식으로 (표 5)의 회귀계수를 적용한 방정식의 예시로 월평균기온의 경우 여름은 유의성이 낮음을 알 수 있었다.

- 연평균 기온 = $-0.0069(\text{위도}) + 0.1933(\text{경도}) - 0.7952(\text{해발고도}) + 17.4$ ($R^2 = 0.8377$)
- 1월평균기온 = $-0.0086(\text{위도}) + 0.4548(\text{경도}) - 1.7103(\text{해발고도}) + 3.5404$ ($R^2 = 0.7606$)
- 3월평균기온 = $-0.0068(\text{위도}) + 0.5350(\text{경도}) - 0.9447(\text{해발고도}) - 27.4264$ ($R^2 = 0.8426$)
- 6월평균기온 = $-0.0050(\text{위도}) - 0.1016(\text{경도}) + 0.0358(\text{해발고도}) + 336159$ ($R^2 = 0.3504$)

표 5. 평균기온(년평균, 월평균)에 따른 위치정보별 회귀계수와 결정계수

	연평균	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
위도	-0.0069	-0.0086	-0.0077	-0.0068	-0.0059	-0.0048	-0.0050	-0.0048	-0.0064	-0.0076	-0.0084	-0.0081	-0.0082
경도	0.1983	0.4548	0.4936	0.5350	0.4291	0.2555	-0.1016	-0.0017	-0.0784	-0.1253	0.0588	0.1120	0.2922
해발 고도	-0.7952	-1.7103	-1.3259	-0.9447	-0.5305	-0.1994	0.0358	-0.2700	-0.2835	-0.5770	-0.8573	-1.2092	-1.6750
상수	17.4000	3.5404	-12.7109	-27.4264	-23.5030	-7.5280	33.6159	34.9914	46.2994	58.2774	39.1686	38.2231	25.1031
결정 계수 (R ²)	0.8377	0.7606	0.8125	0.8426	0.7374	0.4391	0.3504	0.5561	0.7839	0.8121	0.6905	0.7253	0.7467

(3) 위치정보와 평균기온(년평균, 월평균, 순평균, 일평균)과의 회귀방정식의 평균 결정계수 (표 6)은 위치정보와 연평균기온, 월평균기온, 순평균기온, 일평균기온의 회귀방정식의 결정계수의 평균값을 나타낸 것으로 연평균기온과의 관계에서 가장 높고, 일평균기온에서 가장 낮은 것을 알 수 있었다.

표 6. 위치정보와 평균기온(년평균, 월평균, 순평균, 일평균)과의 회귀방정식의 평균 결정계수

	년평균	월평균	순평균	일평균
결정계수 (R ²)	0.837738	0.688103	0.680897	0.648632

(4) 위치정보와 평균기온(년평균, 월평균, 순평균, 일평균)과의 회귀방정식의 결정계수 분포 각 평균기온과 위치정보의 회귀방정식 결정계수 변화는 (그림 21, 22, 23)과 같았으며, 348개소 전체에 대한 평균기온 추정식은 일반적으로 적용할 수는 있으나, 본 과제에 필요한 정밀도 수준에는 미치지 못하고 있는 것으로 판단되어 보다 단순하고, 정밀도가 높은 예측식이 요구되었다.



그림 21. 월평균기온에 따른 위치정보 회귀방정식의 결정계수와 통계량 F값의 분포

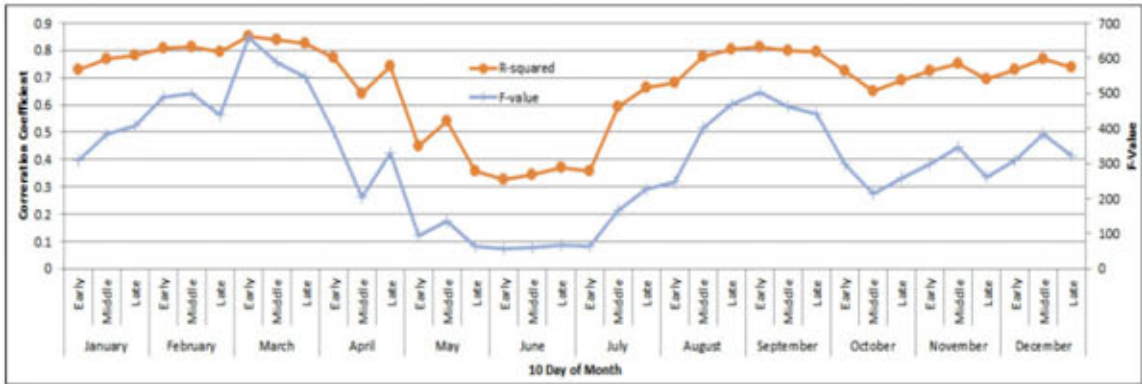


그림 22. 순평균기온에 따른 위치정보 회귀방정식의 결정계수와 통계량 F값의 분포

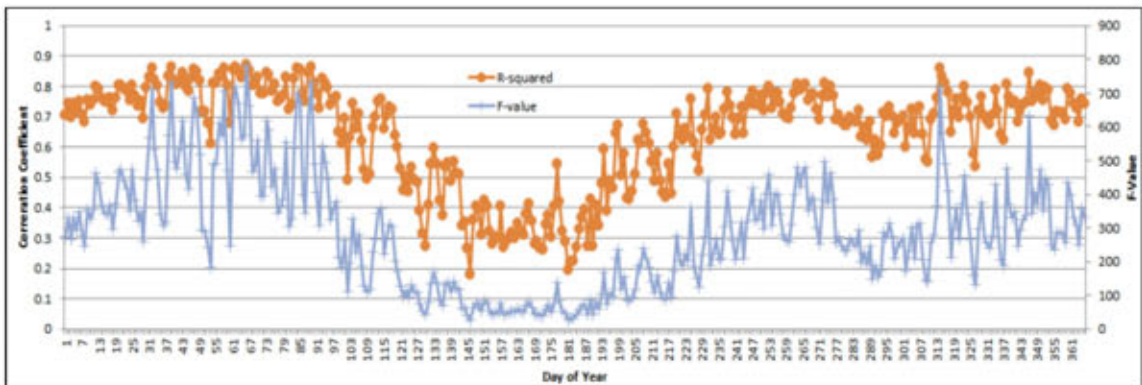


그림 23. 일평균기온에 따른 위치정보 회귀방정식의 결정계수와 통계량 F값의 분포

라. 가장 가까운 기상대 자료를 이용한 관계식 추정

(1) 착안사항

위의 결과들을 바탕으로 위치정보와 평균기온과의 관계성은 성립되므로 어떻게 하면 정밀도를 높일지 고민하던 중 독도법의 삼각 측량법에서 착안하여 종관기상대를 이용하여 일평균기온 예측 하고, 방재기상장치를 검증용으로 이용할 수 있을 것으로 판단되어, 가장 가까운 기상대를 찾는 방법과 다중회귀방정식을 적용 방법에 대해 분석하게 되었다.

(2) 자료수집

가장 가까운 기상대를 찾기 위하여 경도와 위도차를 이용한 피타고라스 정리로 비교하였으며, 계산방법은

- => 비교하고자 하는 방재기상장치 (위도 L0, 경도 A0, 고도 H0)와 종관기상장치(Lx, Ax, Hx)의 거리 비교는

$$\sqrt{(L0 - Lx)^2 + (A0 - Ax)^2} \text{의 절대값, 절대값이 작을수록 가까움.}$$

의 방법으로 하였다.

(표 7)은 위치정보와 일평균기온의 도표 양식으로 앞의 방식으로 가까운 기상대를 선정하고, 그중 8개소의 정보를 도표에 기입하여 계산에 이용하였다.

표 7 위치정보와 일평균기온의 회귀방정식용 도표

기상대	경도	위도	해발고도	일평균기온
M1	A1	L1	H1	T1
M2	A2	L2	H2	T2
M3	A3	L3	H3	T3
M4	A4	L4	H4	T4
M5	A5	L5	H5	T5
M6	A6	L6	H6	T6
M7	A7	L7	H7	T7
M8	A8	L8	H8	T8

(3) 회귀방정식 작성

회귀방정식용 도표작성 후 엑셀의 추가기능 중 데이터 분석도구의 회귀분석을 이용하여 도출하였으나, 이는 소수의 분석에는 적용가능하나, 다수의 분석적용 시 매우 번거로운 상황이 발생하였으며, 또한 여러 지역의 분석은 불가능하였다.

다량의 분석이 가능한 방법을 찾던 다중회귀 계산식에 행렬을 이용하는 방식을 적용하여 계산이 가능한 것을 확인하고 행렬이용법은 아래와 같다.

먼저 기상대 위치정보와 일평균기온을 수집하여 (표 7)과 같이 작성한다.

어떤 위치의 일평균기온(T_x)의 관계식을

$T_x = a + bA_x + cL_x + dH_x$ 로 나타내며, 그 계산방법은 다음과 같다.

$$X = \begin{pmatrix} 1 & A1 & L1 & H1 \\ 1 & A2 & L2 & H2 \\ 1 & A3 & L3 & H3 \\ 1 & A4 & L4 & H4 \\ 1 & A5 & L5 & H5 \\ 1 & A6 & L6 & H6 \\ 1 & A7 & L7 & H7 \\ 1 & A8 & L8 & H8 \end{pmatrix} \quad Y = \begin{pmatrix} T1 \\ T2 \\ T3 \\ T4 \\ T5 \\ T6 \\ T7 \\ T8 \end{pmatrix} \quad \text{의 행렬로 정의하면,}$$

$$\text{이때 } X' \text{ 은 } X' = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ A1 & A2 & A3 & A4 & A5 & A6 & A7 & A8 \\ L1 & L2 & L3 & L4 & L5 & L6 & L7 & L8 \\ H1 & H2 & H3 & H4 & H5 & H6 & H7 & H8 \end{pmatrix} \text{ 이 된다.}$$

여기에서 $X'X$ 와 $X'Y$ 의 행렬을 계산하고,

$$X'X = \begin{pmatrix} \sum_{n=1}^8 1 \times 1 & \sum_{n=1}^8 1 \times An & \sum_{n=1}^8 1 \times Ln & \sum_{n=1}^8 1 \times Hn \\ \sum_{n=1}^8 An \times 1 & \sum_{n=1}^8 An \times An & \sum_{n=1}^8 An \times Ln & \sum_{n=1}^8 An \times Hn \\ \sum_{n=1}^8 Ln \times 1 & \sum_{n=1}^8 Ln \times An & \sum_{n=1}^8 Ln \times Ln & \sum_{n=1}^8 Ln \times Hn \\ \sum_{n=1}^8 Hn \times 1 & \sum_{n=1}^8 Hn \times An & \sum_{n=1}^8 Hn \times Ln & \sum_{n=1}^8 Hn \times Hn \end{pmatrix}, \quad X'Y = \begin{pmatrix} \sum_{n=1}^8 1 \times Tn \\ \sum_{n=1}^8 An \times Tn \\ \sum_{n=1}^8 Ln \times Tn \\ \sum_{n=1}^8 Hn \times Tn \end{pmatrix}$$

$X'X$ 의 역행렬인 $(X'X)^{-1}$ 와 $X'Y$ 를 곱하면,

$$(X'X)^{-1} \cdot X'Y = \begin{pmatrix} \sum_{n=1}^8 1 \times 1 & \sum_{n=1}^8 1 \times An & \sum_{n=1}^8 1 \times Ln & \sum_{n=1}^8 1 \times Hn \\ \sum_{n=1}^8 An \times 1 & \sum_{n=1}^8 An \times An & \sum_{n=1}^8 An \times Ln & \sum_{n=1}^8 An \times Hn \\ \sum_{n=1}^8 Ln \times 1 & \sum_{n=1}^8 Ln \times An & \sum_{n=1}^8 Ln \times Ln & \sum_{n=1}^8 Ln \times Hn \\ \sum_{n=1}^8 Hn \times 1 & \sum_{n=1}^8 Hn \times An & \sum_{n=1}^8 Hn \times Ln & \sum_{n=1}^8 Hn \times Hn \end{pmatrix}^{-1} \times \begin{pmatrix} \sum_{n=1}^8 1 \times Tn \\ \sum_{n=1}^8 An \times Tn \\ \sum_{n=1}^8 Ln \times Tn \\ \sum_{n=1}^8 Hn \times Tn \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix}$$

로 계산된다.

이때 a, b, c, d는 관계식

$$Tx = a + bAx + cLx + dHx \text{ 의 값이 된다.}$$

이렇게 계산되는 행렬의 계산식을 엑셀에 구현할 수 있으며, 이를 구현한 엑셀 계산 자료는 (그림 24)와 같다.

구분	A	L	H	A ²	L ²	H ²	AT	LT	HT
1	217	76	37.3813	128.6461	307.00	366	300.4542	1028.043	2038.95
2	106	14	37.5071	129.1243	39.90	9	300.4542	11284.77	38800.94
3	121	25	37.1813	128.4574	240.60	15	300.4542	1028.043	2038.95
4	221	77	37.1593	128.1943	259.80	52	300.4542	1028.043	2038.95
5	100	8	37.6771	128.7183	772.60	4	300.4542	1028.043	2038.95
6	104	12	37.8046	128.8354	78.90	7	300.4542	1028.043	2038.95
7	211	72	38.0599	128.1671	200.20	48	300.4542	1028.043	2038.95
8	212	73	37.6836	127.8804	139.95	49	300.4542	1028.043	2038.95

구분	X	Y	X ²	XY
1	1	37.3813	128.6461	307.00
2	1	37.5071	129.1243	39.90
3	1	37.1813	128.4574	240.60
4	1	37.1593	128.1943	259.80
5	1	37.6771	128.7183	772.60
6	1	37.8046	128.8354	78.90
7	1	38.0599	128.1671	200.20
8	1	37.6836	127.8804	139.95

구분	상수	회귀계수
1	-852.051	0.3
2	2.213006	0.6
3	8.00482	0.3
4	-0.03021	0.3

그림 24. 엑셀 행렬함수를 이용한 위치정보 회귀계수 계산 예시

이를 방재기상장치의 위치정보와 주변 가까운 8개소의 종관기상관측장치 8개소의 위치정보와 일평균자료를 이용한 일평균기온 추정 회귀방정식을 이용한 추정 일평균기온과 실제 일평균기온과 비교한 자료는 (그림 25)와 같으며, 추정식의 정밀도를 나타내는 결정계수가 매우 높음을 알 수 있었다.

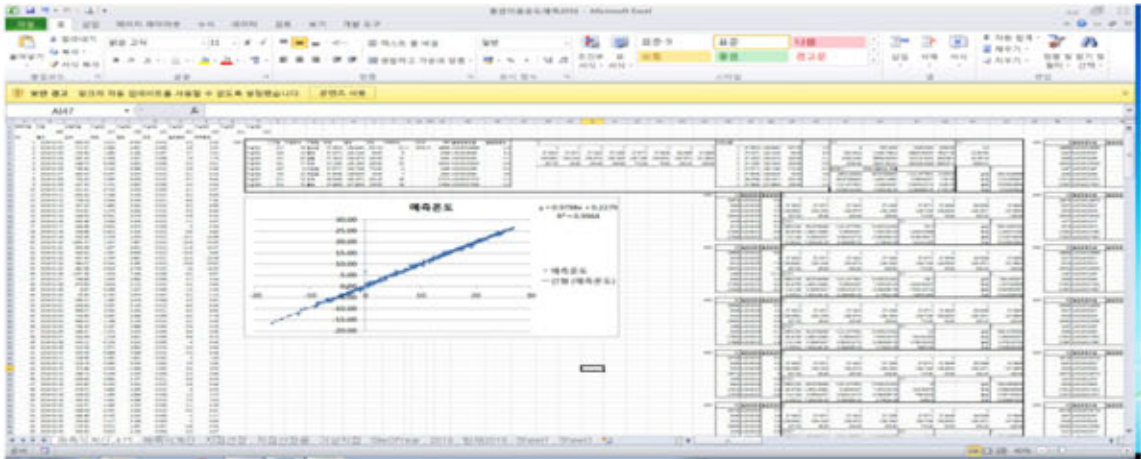


그림 25. 기상대 위치정보를 이용한 일평균기온 추정 예시

(4) 기상자료를 이용한 일평균기온 추정 방법 (출원번호 10-2017-0184732, 출원일 2017. 12. 29.) 위의 방식을 특허 출원하였으며, 출원한 내용의 흐름도는 (그림 26)과 같다.

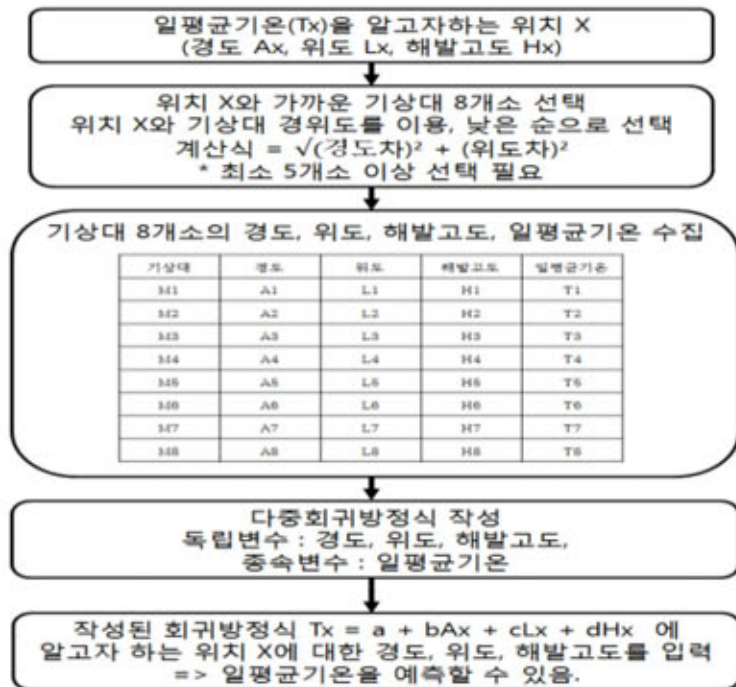


그림 26. 일평균기온 추정 방법 흐름도

5) 기상자료를 이용한 일평균기온 추정 방법의 검증

① 용평(기상지점 번호 318)

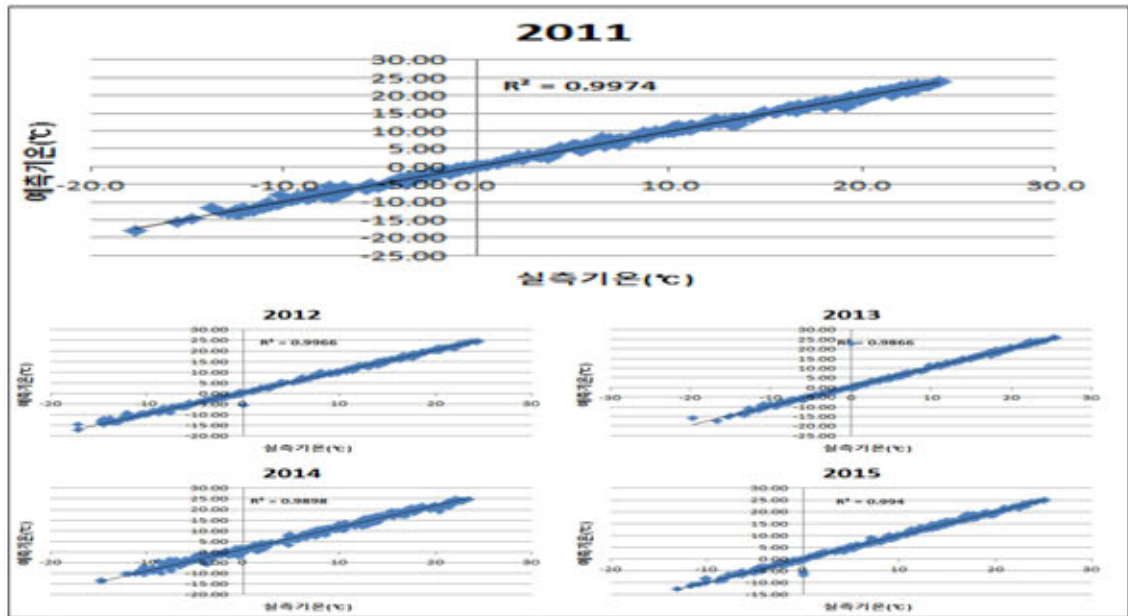


그림 27. 용평(강원도 평창군, 동경 128.67°, 북위 37.643°, 해발 770m)의 추정 일평균기온과 실측 일평균기온의 비교, X축: 실측값, Y축: 추정값

② 신동(기상지점 번호 527)

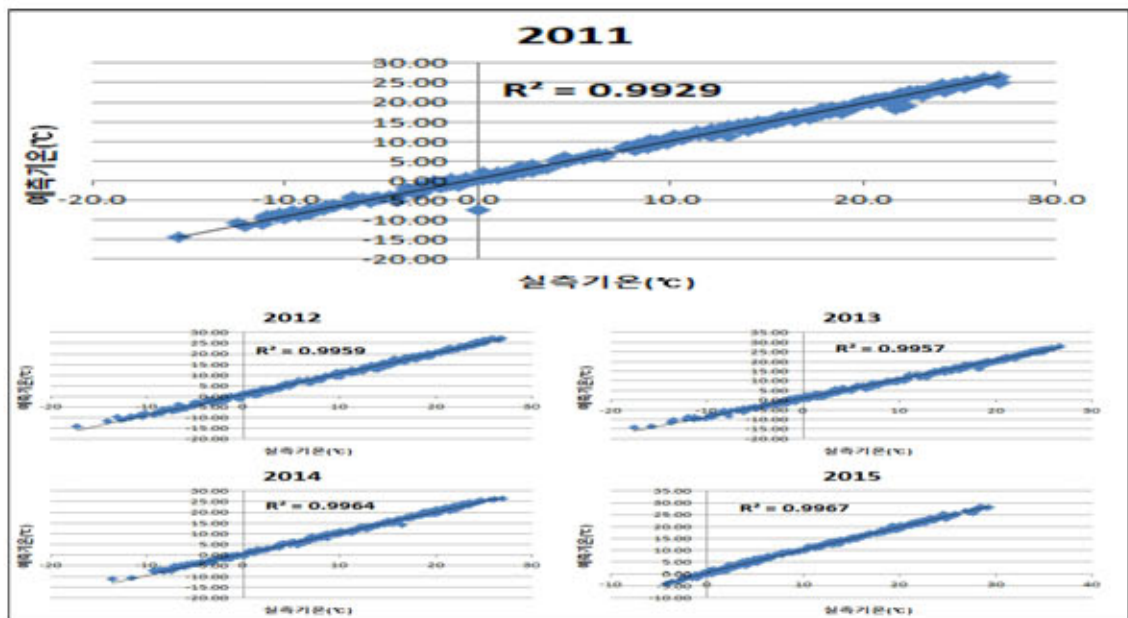


그림 28. 신동(강원도 정선군, 동경 128.642°, 북위 37.212°, 해발 392m)의 추정 일평균기온과 실측 일평균기온의 비교, X축 : 실측값, Y축 : 추정값,

③ 가평(기상지점 번호 531)

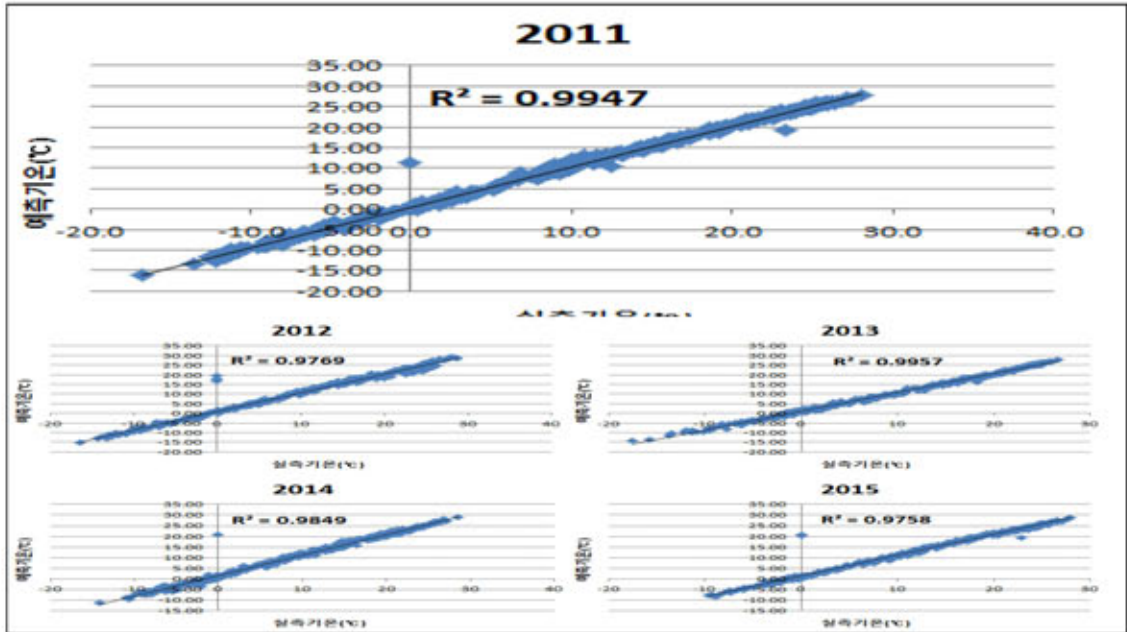


그림 29. 가평(경기도 가평군, 동경 127.5502°, 북위 37.8856°, 해발 107m)의 추정 일평균기온과 실측 일평균기온의 비교, X축: 실측값, Y축: 추정값

④ 영종도(기상지점 번호 543)

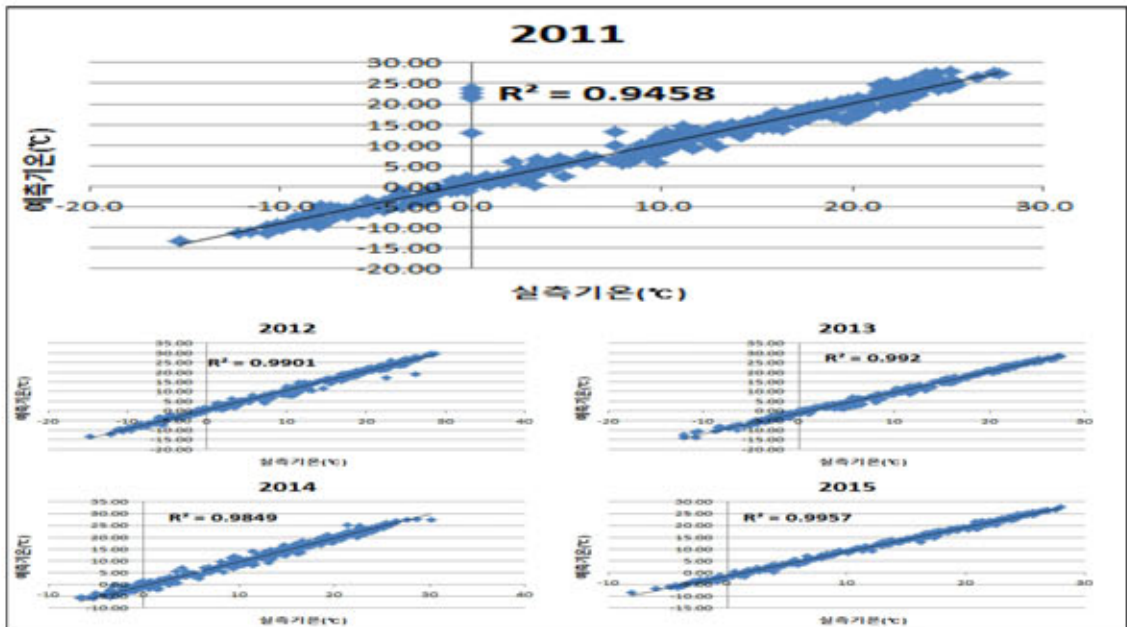


그림 30. 영종도(인천광역시 중구, 동경 126.5496°, 북위 37.499°, 해발 24m)의 추정 일평균기온과 실측 일평균기온의 비교, X축: 실측값, Y축: 추정값

⑤ 괴산(기상지점 번호 603)

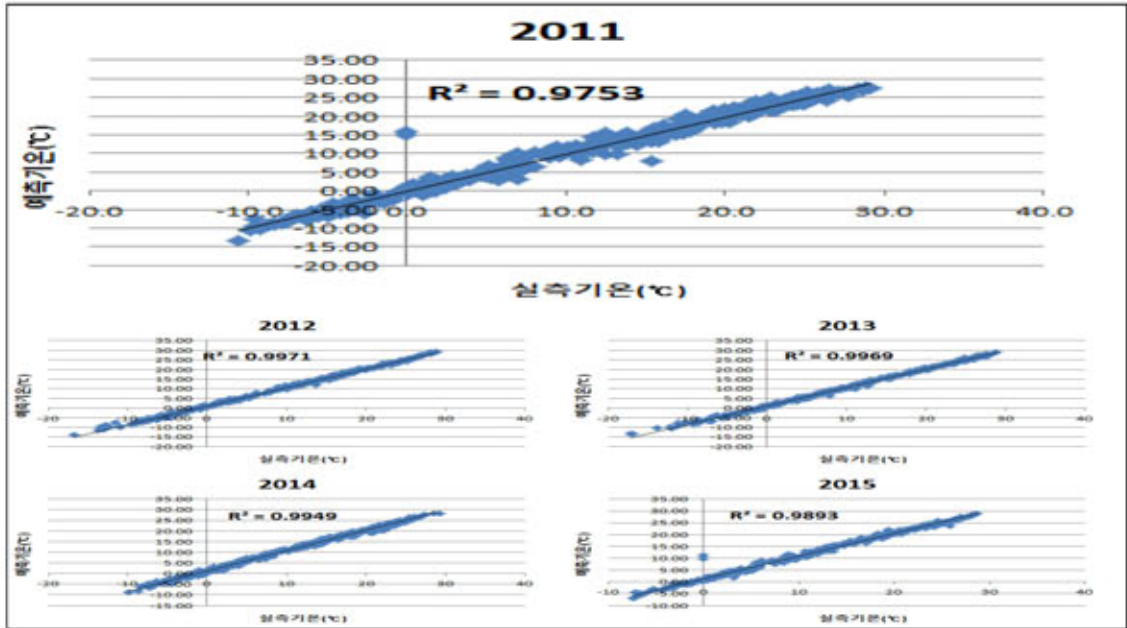


그림 31. 괴산(충청북도 괴산군, 동경 127.8°, 북위 36.8°, 해발 127m)의 추정 일평균기온과 실측 일평균기온의 비교, X축: 실측값, Y축: 추정값

⑥ 예산(기상지점 번호 628)

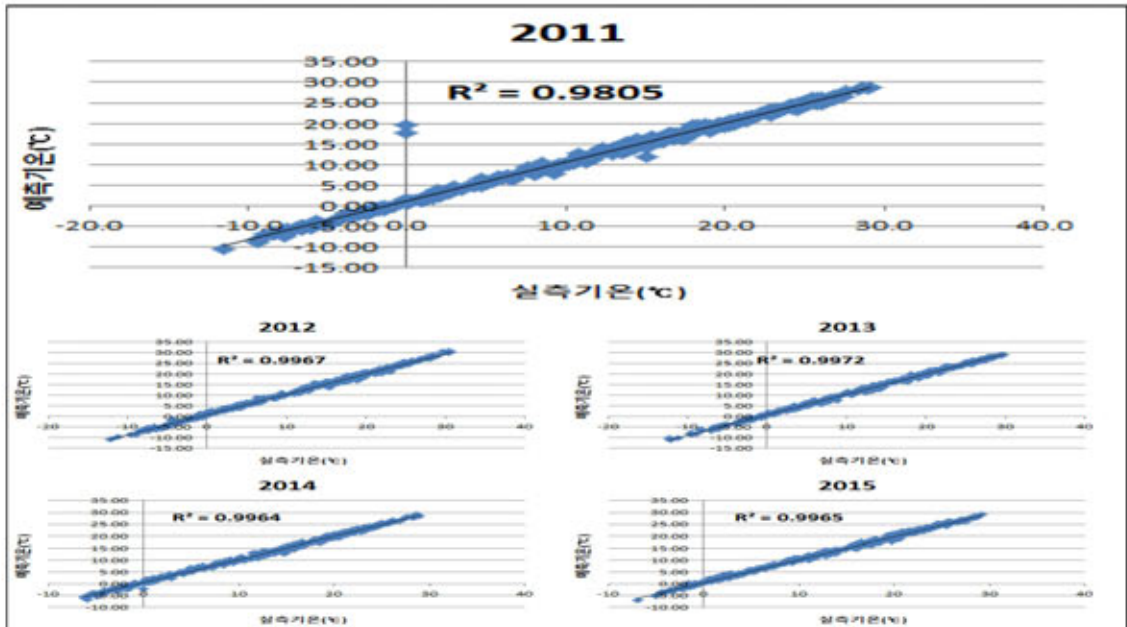


그림 32. 예산(충청남도 예산군, 동경 126.8144°, 북위 36.7422°, 해발 39m)의 추정 일평균기온과 실측 일평균기온의 비교, X축: 실측값, Y축: 추정값

⑦ 무주(기상지점 번호 701)

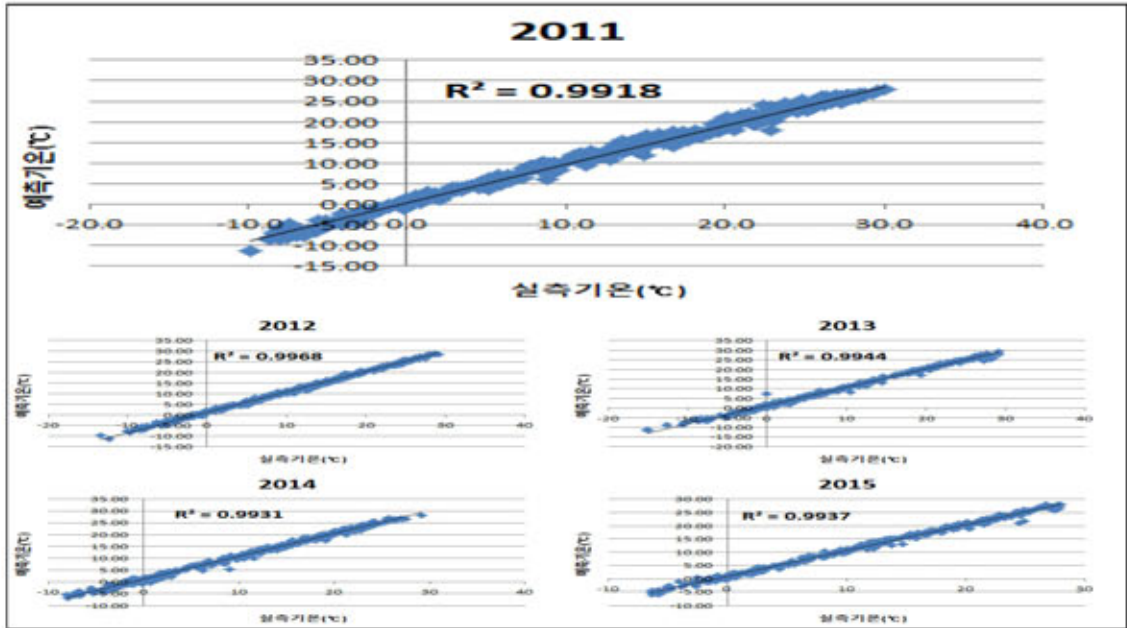


그림 33. 무주(전라북도 무주군, 동경 127.6719°, 북위 36.004°, 해발 206m)의 추정 일평균기온과 실측 일평균기온의 비교, X축: 실측값, Y축: 추정값

⑧ 완주(기상지점 번호 734)

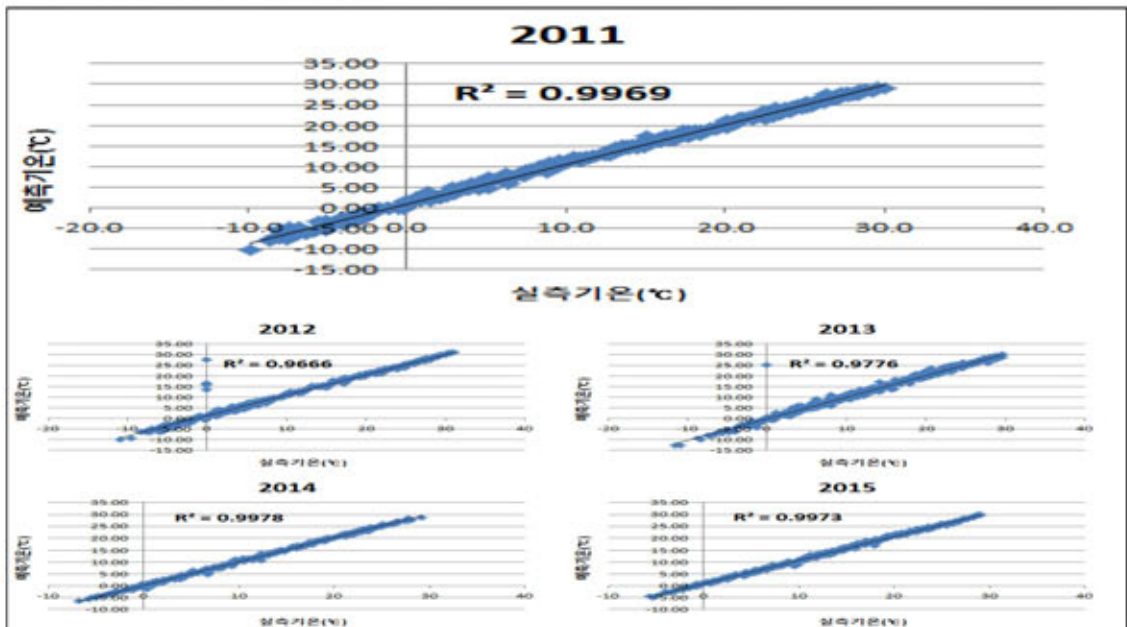


그림 34. 완주(전라북도 완주군, 동경 127.1654°, 북위 35.9064°, 해발 43m)의 추정 일평균기온과 실측 일평균기온의 비교, X축: 실측값, Y축: 추정값

⑨ 칠곡(기상지점 번호 825)

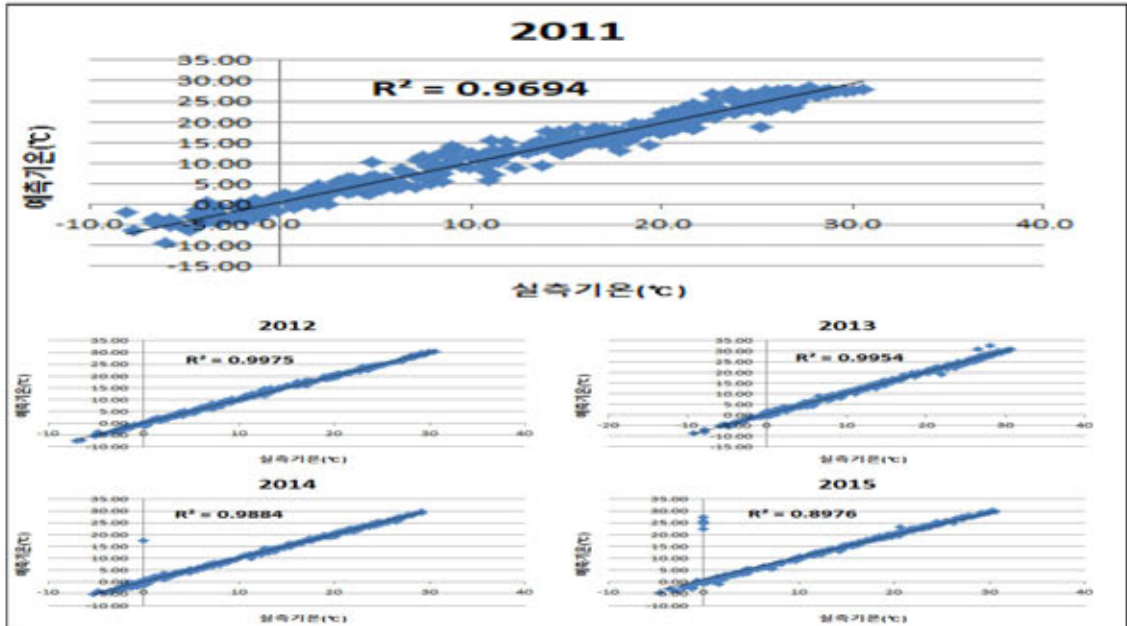


그림 35. 칠곡(경상북도 칠곡군, 동경 128.3835°, 북위 36.0368°, 해발 29m)의 추정 일평균기온과 실측 일평균기온의 비교, X축: 실측값, Y축: 추정값

일평균기온 추정 방법의 검증을 위해 실측값으로 방제기상장치의 위치정보와 실제 일평균기온을 이용하고, 예측 방정식 작성을 위해 종관기상장치의 위치정보와 일평균기온을 이용하였다. 비교를 위해 강원도인 용평, 신동, 경기도인 가평, 영종도, 충청도인 괴산, 예산, 전라도인 무주, 완주, 경상도인 칠곡 9개소의 방제기상장치의 위치정보와 실측값을 2011년, 2012년, 2013년, 2014년, 2015년 5개년의 자료와 일평균기온 추정 방법을 통해 예측값을 산출하여 비교한 결과, 결정계수 R^2 의 0.95이상을 나타내, 고도의 유의성을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 특정지역의 위치정보를 알 경우, 주위 기상대 자료를 이용하여 특정일의 일평균기온을 예측할 수 있을 것으로 판단되며, 데이터로서의 부재 또는 오류의 경우에도 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

(시험 4) 사료작물의 수량예측 수정모델 적용 앱 실증 및 보완

다양하게 작성된 자료 및 수량예측 방정식을 이용할 경우, 기본적인 작물생리적 지식, S/W 운영능력이 필요하여 사용자인 농가의 이용편의성을 위한 노력이 필요하여, 농가를 위한 스마트폰용 앱을 개발하고자 하였으며, 본 과제는 앱에 들어가는 앱용 수식 및 DB를 제공하였다. 제공된 앱용 건물생산수량예측 방정식은 하계 사료작물인 옥수수, 수수 수단그라스, 동계작물인 이탈리아 라이그라스, 청보리, 호밀에 대한 기후, 토양에 따른 생산수량 예측식이며, 파종기에 따른 수식은 그래프의 형태로 표현하기로 하였다. 지역별 적용되는 토양 및 기상자료 제공 DB는 (그림 36)과 같으며, 읍면동별 적용 기상대와 대표토양부호를 제공하여 농가의 주소지중 읍면동 자료를 통해 기후와 토양자료를 제공할 수 있도록 하였다.

수량예측방정식에 이용되는 기후요인 값을 기상대별로 따로 정리하여 제공하였으며(그림 37), 지역에 따른 토양 특성 자료도 제공하였다(그림 38). 파종기 예측식은 적정 파종기를 벗어났을 때를 나타내는 것으로 파종적기 파종 시 최고수량이 나타나도록 2차방정식의 형태로 제공되었으며, 제공된 2차 방정식의 형태는 (그림 39)와 같다.

지명	기상대	전재면적	대표토양 1	대표토양 2	대표토양 3	대표토양 4
4846 제주도 서귀포시 대포동 서귀포	834 AaC	약간	96 12%	0%	0%	0%
4686 경상남도 의창구 복동 창원	7 AaC	안습	5 71%	0%	0%	0%
4719 경상남도 진해구 동산동 부산	8 AaC	안습	4 50% VbB 용지	4 50%	0%	0%
516 부산광역시 동래구 낙안동 부산	57 AaC	안습	11 19% BbO2 분산	10 18% UoC 우곡	8 14%	0%
567 부산광역시 서구 서대신동2가 부산	44 AaC	안습	10 23% HgB 용계	8 18% UoB 우곡	8 18%	0%
572 부산광역시 서구 초장동 부산	46 AaC	안습	9 20% Gd2 고산	8 17% SdC 석포	7 15%	0%
578 부산광역시 서구 동성동3가 부산	4 AaC	안습	2 50% SdC 석포	1 25% VbB 용계	1 25%	0%
580 부산광역시 영도구 남항동1가 부산	10 AaC	안습	6 60%	0%	0%	0%
592 부산광역시 영도구 대교동2가 부산	6 AaC	안습	6 100%	0%	0%	0%
598 부산광역시 영도구 봉래동3가 부산	10 AaC	안습	4 40% SdC 석포	3 30% KJ 금전	2 20%	0%
609 부산광역시 중구 공복동1가 부산	2 AaC	안습	2 100%	0%	0%	0%
3342 전라북도 정읍시 입암면 정읍	3479 AaC	안습	200 6%	0%	0%	0%
4576 경상남도 창원시대산대항동 창원	6 AaC	안습	2 33% UoC 우곡	2 33%	0%	0%
625 부산광역시 영도구 옛서우2가 부산	10 AaD	우후	5 50%	0%	0%	0%

그림 36. 지역별 적용기상대 및 적용 토양 자료

지역	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	연평균
1. 서울	34.0	35.0	36.0	37.0	38.0	39.0	40.0	41.0	42.0	43.0	44.0	45.0	38.5
2. 부산	33.0	34.0	35.0	36.0	37.0	38.0	39.0	40.0	41.0	42.0	43.0	44.0	37.5
3. 대구	32.0	33.0	34.0	35.0	36.0	37.0	38.0	39.0	40.0	41.0	42.0	43.0	36.5
4. 광주	31.0	32.0	33.0	34.0	35.0	36.0	37.0	38.0	39.0	40.0	41.0	42.0	35.5
5. 대전	30.0	31.0	32.0	33.0	34.0	35.0	36.0	37.0	38.0	39.0	40.0	41.0	34.5
6. 울산	29.0	30.0	31.0	32.0	33.0	34.0	35.0	36.0	37.0	38.0	39.0	40.0	33.5
7. 세종	28.0	29.0	30.0	31.0	32.0	33.0	34.0	35.0	36.0	37.0	38.0	39.0	32.5
8. 목포	27.0	28.0	29.0	30.0	31.0	32.0	33.0	34.0	35.0	36.0	37.0	38.0	31.5
9. 진주	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	31.0	32.0	33.0	34.0	35.0	36.0	37.0	30.5
10. 대구	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	31.0	32.0	33.0	34.0	35.0	36.0	29.5
11. 부산	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	31.0	32.0	33.0	34.0	35.0	28.5
12. 서울	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	31.0	32.0	33.0	34.0	27.5
13. 대전	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	31.0	32.0	33.0	26.5
14. 광주	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	31.0	32.0	25.5
15. 울산	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	31.0	24.5
16. 세종	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	23.5
17. 목포	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	22.5
18. 진주	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	21.5
19. 대구	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	20.5
20. 부산	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	19.5
21. 서울	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	18.5
22. 대전	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	17.5
23. 광주	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	16.5
24. 울산	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	15.5
25. 세종	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	14.5
26. 목포	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	13.5
27. 진주	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	12.5
28. 대구	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	11.5
29. 부산	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	10.5
30. 서울	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	9.5
31. 대전	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	8.5
32. 광주	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	7.5
33. 울산	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	6.5
34. 세종	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	5.5
35. 목포	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	4.5
36. 진주	-1.0	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	3.5
37. 대구	-2.0	-1.0	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	2.5
38. 부산	-3.0	-2.0	-1.0	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	1.5
39. 서울	-4.0	-3.0	-2.0	-1.0	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	0.5
40. 대전	-5.0	-4.0	-3.0	-2.0	-1.0	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	-0.5
41. 광주	-6.0	-5.0	-4.0	-3.0	-2.0	-1.0	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	-1.5
42. 울산	-7.0	-6.0	-5.0	-4.0	-3.0	-2.0	-1.0	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	-2.5
43. 세종	-8.0	-7.0	-6.0	-5.0	-4.0	-3.0	-2.0	-1.0	0.0	1.0	2.0	3.0	-3.5
44. 목포	-9.0	-8.0	-7.0	-6.0	-5.0	-4.0	-3.0	-2.0	-1.0	0.0	1.0	2.0	-4.5
45. 진주	-10.0	-9.0	-8.0	-7.0	-6.0	-5.0	-4.0	-3.0	-2.0	-1.0	0.0	1.0	-5.5
46. 대구	-11.0	-10.0	-9.0	-8.0	-7.0	-6.0	-5.0	-4.0	-3.0	-2.0	-1.0	0.0	-6.5
47. 부산	-12.0	-11.0	-10.0	-9.0	-8.0	-7.0	-6.0	-5.0	-4.0	-3.0	-2.0	-1.0	-7.5
48. 서울	-13.0	-12.0	-11.0	-10.0	-9.0	-8.0	-7.0	-6.0	-5.0	-4.0	-3.0	-2.0	-8.5
49. 대전	-14.0	-13.0	-12.0	-11.0	-10.0	-9.0	-8.0	-7.0	-6.0	-5.0	-4.0	-3.0	-9.5
50. 광주	-15.0	-14.0	-13.0	-12.0	-11.0	-10.0	-9.0	-8.0	-7.0	-6.0	-5.0	-4.0	-10.5
51. 울산	-16.0	-15.0	-14.0	-13.0	-12.0	-11.0	-10.0	-9.0	-8.0	-7.0	-6.0	-5.0	-11.5
52. 세종	-17.0	-16.0	-15.0	-14.0	-13.0	-12.0	-11.0	-10.0	-9.0	-8.0	-7.0	-6.0	-12.5
53. 목포	-18.0	-17.0	-16.0	-15.0	-14.0	-13.0	-12.0	-11.0	-10.0	-9.0	-8.0	-7.0	-13.5
54. 진주	-19.0	-18.0	-17.0	-16.0	-15.0	-14.0	-13.0	-12.0	-11.0	-10.0	-9.0	-8.0	-14.5
55. 대구	-20.0	-19.0	-18.0	-17.0	-16.0	-15.0	-14.0	-13.0	-12.0	-11.0	-10.0	-9.0	-15.5
56. 부산	-21.0	-20.0	-19.0	-18.0	-17.0	-16.0	-15.0	-14.0	-13.0	-12.0	-11.0	-10.0	-16.5
57. 서울	-22.0	-21.0	-20.0	-19.0	-18.0	-17.0	-16.0	-15.0	-14.0	-13.0	-12.0	-11.0	-17.5
58. 대전	-23.0	-22.0	-21.0	-20.0	-19.0	-18.0	-17.0	-16.0	-15.0	-14.0	-13.0	-12.0	-18.5
59. 광주	-24.0	-23.0	-22.0	-21.0	-20.0	-19.0	-18.0	-17.0	-16.0	-15.0	-14.0	-13.0	-19.5
60. 울산	-25.0	-24.0	-23.0	-22.0	-21.0	-20.0	-19.0	-18.0	-17.0	-16.0	-15.0	-14.0	-20.5
61. 세종	-26.0	-25.0	-24.0	-23.0	-22.0	-21.0	-20.0	-19.0	-18.0	-17.0	-16.0	-15.0	-21.5
62. 목포	-27.0	-26.0	-25.0	-24.0	-23.0	-22.0	-21.0	-20.0	-19.0	-18.0	-17.0	-16.0	-22.5
63. 진주	-28.0	-27.0	-26.0	-25.0	-24.0	-23.0	-22.0	-21.0	-20.0	-19.0	-18.0	-17.0	-23.5
64. 대구	-29.0	-28.0	-27.0	-26.0	-25.0	-24.0	-23.0	-22.0	-21.0	-20.0	-19.0	-18.0	-24.5
65. 부산	-30.0	-29.0	-28.0	-27.0	-26.0	-25.0	-24.0	-23.0	-22.0	-21.0	-20.0	-19.0	-25.5
66. 서울	-31.0	-30.0	-29.0	-28.0	-27.0	-26.0	-25.0	-24.0	-23.0	-22.0	-21.0	-20.0	-26.5
67. 대전	-32.0	-31.0	-30.0	-29.0	-28.0	-27.0	-26.0	-25.0	-24.0	-23.0	-22.0	-21.0	-27.5
68. 광주	-33.0	-32.0	-31.0	-30.0	-29.0	-28.0	-27.0	-26.0	-25.0	-24.0	-23.0	-22.0	-28.5
69. 울산	-34.0	-33.0	-32.0	-31.0	-30.0	-29.0	-28.0	-27.0	-26.0	-25.0	-24.0	-23.0	-29.5
70. 세종	-35.0	-34.0	-33.0	-32.0	-31.0	-30.0	-29.0	-28.0	-27.0	-26.0	-25.0	-24.0	-30.5
71. 목포	-36.0	-35.0	-34.0	-33.0	-32.0	-31.0	-30.0	-29.0	-28.0	-27.0	-26.0	-25.0	-31.5
72. 진주	-37.0	-36.0	-35.0	-34.0	-33.0	-32.0	-31.0	-30.0	-29.0	-28.0	-27.0	-26.0	-32.5
73. 대구	-38.0	-37.0	-36.0	-35.0	-34.0	-33.0	-32.0	-31.0	-30.0	-29.0	-28.0	-27.0	-33.5
74. 부산	-39.0	-38.0	-37.0	-36.0	-35.0	-34.0	-33.0	-32.0	-31.0	-30.0	-29.0	-28.0	

02작도단위특성예관한조건표 - Microsoft Excel

번호	호명부호	호명명	목적	지형	용도호칭	인도호칭	호세	배수종류	호양방향	관로지름	작성등급					주관		
											급	관	2수	조지	원지			
1	KA	가극 미사실양호	0-2% 경사	변압 승격분류중	곡간지	>100	미사실양호	회압세	익간분양	보통급	논	1	3차수	4차수	3차수	4차수	담	
2	KAB	가극 미사실양호	2-7% 경사	변압 승격분류중	곡간지	>100	미사실양호	회압세	익간분양	보통급	논	2경사	3차수	4차수	3차수	4차수	담	
3	KAC	가극 미사실양호	7-13% 경사	변압 승격분류중	곡간지	>100	미사실양호	회압세	익간분양	보통급	논	3경사	4차수	4차수	3차수	4차수	담	
4	KA	가극 미사실양호	0-2% 경사	작성중지중	작성중지지	50-200	사실양호(사실양)	압회압세	익간분양	사실급	논	3사실	3차수	4차수	3차수	4차수	담	
5	GA8	가극 양말세사호	2-7% 경사	작성중지(세사)	작성중지지	<30	사실	역세	배우양호	사실급	밭	5	4사실	4사실	3사실	3사실	점락초지	
6	GA6	가극 양말세사호	7-13% 경사	작성중지(세사)	작성중지지	<30	사실	역세	배우양호	사실급	밭	5	4사실	4사실	3사실	3사실	점락초지	
7	KP	가극 양호	0-2% 경사	작성중지(세사)	작성중지지	<20	사실양호	역세	배우양호	점락급	논	4경사	5	5	5	5	담	
8	G8B	간화 양호	2-7% 경사	작성중지(세사)	작성중지지	50-200	사실	GR	회압세	양호	점락급	밭	3차수	2중점	2중점	2중점	점	
9	G8B2	간화 양호	2-7% 경사	작성중지(세사)	작성중지지	50-200	사실	GR	회압세	양호	점락급	밭	3차수	2중점	2중점	2중점	점	
10	G8C	간화 양호	7-13% 경사	작성중지(세사)	작성중지지	50-200	사실	GR	회압세	양호	점락급	밭	4경사	3경사	3중점	2중점	점	
11	G8C2	간화 양호	7-13% 경사	작성중지(세사)	작성중지지	50-200	사실	GR	회압세	양호	점락급	밭	4경사	3경사	3중점	2중점	점	
12	G8D	간화 양호	15-30% 경사	작성중지(세사)	작성중지지	50-200	사실	GR	회압세	양호	점락급	밭	5	4경사	4중점	2중점	2중점	점락초지
13	G8D2	간화 양호	15-30% 경사	작성중지(세사)	작성중지지	50-200	사실	GR	회압세	양호	점락급	밭	5	5경사	4중점	2중점	2중점	점락초지
14	GA82	간화 양호	2-7% 경사	작성중지(세사)	작성중지지	50-200	사실	GR	회압세	양호	점락급	밭	3차수	2중점	2중점	2중점	점	
15	GA82	간화 양호	7-13% 경사	작성중지(세사)	작성중지지	50-200	사실	GR	회압세	양호	점락급	밭	4경사	3경사	3중점	2중점	점	
16	GA82	간화 양호	15-30% 경사	작성중지(세사)	작성중지지	50-200	사실	GR	회압세	양호	점락급	밭	5	3경사	3중점	2중점	점락초지	
17	GA82	간화 양호	15-30% 경사	작성중지(세사)	작성중지지	50-200	사실	GR	회압세	양호	점락급	밭	5	4경사	3중점	2중점	2중점	점락초지
18	GA82	간화 양호	15-30% 경사	작성중지(세사)	작성중지지	50-200	사실	GR	회압세	양호	점락급	밭	5	4경사	3중점	2중점	2중점	점락초지
19	GA82	간화 양호	15-30% 경사	작성중지(세사)	작성중지지	50-200	사실	GR	회압세	양호	점락급	밭	5	4경사	3중점	2중점	2중점	점락초지
20	GA82	간화 양호	15-30% 경사	작성중지(세사)	작성중지지	50-200	사실	GR	회압세	양호	점락급	밭	5	4경사	3중점	2중점	2중점	점락초지

그림 38. 토양 특성 조건표 데이터베이스 자료

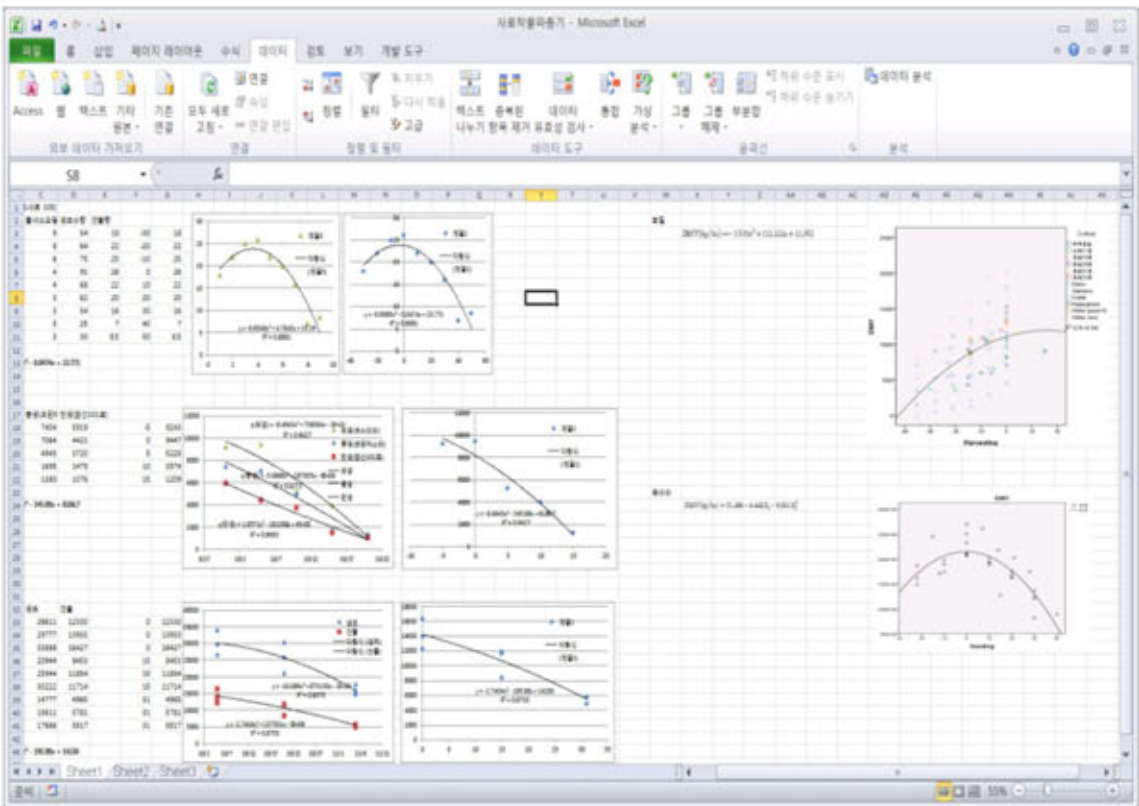


그림 39. 사료작물 파종기 자료

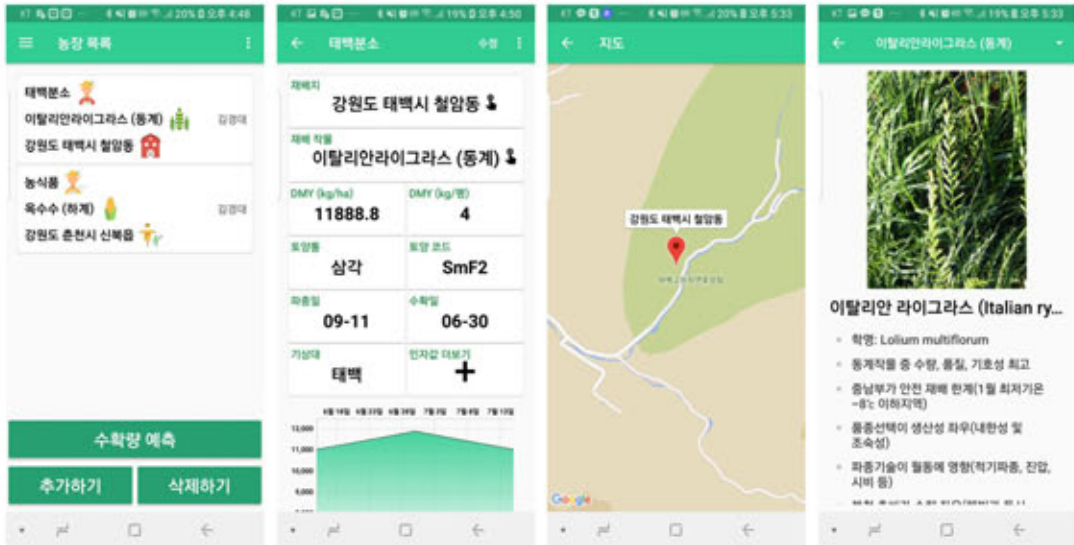


그림 40. 사료작물 건물생산수량 예측 애플리케이션(제1세부과제에서 통합)

완성된 안드로이드 스마트폰용 애플리케이션의 내용은 (그림 40)과 같으며, 농장명, 작물, 지역을 입력, 설정하고 수확량 예측을 선택하면, 지역, 작물과 함께 ha당 건물 생산수량과 평당 건물생산 수량을 제공하고, 적용된 토양통 및 토양부호, 적정파종일과 수확일, 적용 기상대를 나타내고, 파종기에 따른 건물생산수량 변화그래프도 함께 나타나도록 개발 되었고, 재배지를 선택하면, 작물 선택 시 작물에 대한 기본 정보를 제공한다.

4. 적 요

〈제2협동과제: 재배지별 기후조건, 토양조건, 초종(품종) 및 재배기술의 적용에 따른 수량 예측 모델의 정밀도 향상 기술 개발〉

(시험 1) 하계사료작물의 수량예측 수정모델 개발

- 가. 하계 사료작물인 옥수수, 수수-수단그라스 교잡종의 건물생산수량예측식을 개발하였다.
- 나. 옥수수는 기후, 토양, 품종, 파종기, 수확기를 고려한 건물생산 수량 예측식을 개발하였다.
- 다. 수수-수단그라스 교잡종은 기후, 토양, 파종기를 고려한 건물생산 수량 예측식을 개발하였다.

(시험 2) 동계사료작물의 수량예측 수정모델 개발

- 가. 동계 사료작물인 이탈리안라이그라스, 청보리, 호밀의 건물생산수량예측식을 개발하였다.
- 나. 이탈리안라이그라스는 기후, 토양, 품종, 파종기, 수확기를 고려한 건물생산 수량 예측식을 개발하였다.
- 다. 청보리는 기후, 토양, 파종기를 고려한 건물생산 수량 예측식을 개발하였다.
- 라. 호밀은 기후, 토양, 파종기를 고려한 건물생산 수량 예측식을 개발하였다.

(시험 3) 예측식 정밀도 향상을 위한 기상대 자료를 이용한 기후예측식 개발

- 가. 사료작물 수량예측식의 정밀도 향상을 위해 위치정보를 이용한 일평균기온 추정 방법을 개발하였다.
- 나. 일평균기온 추정방법은 주변 기상대의 위도, 경도, 해발고도와 일평균기온의 다중회귀방정식을 이용한다.

(시험 4) 사료작물의 수량예측 수정모델 적용 앱 실증 및 보완

- 가. 사료작물의 생산수량예측식의 사용자 편의성을 높이기 위해, 스마트폰용 애플리케이션을 개발하였다.
- 나. 스마트폰용 애플리케이션은 재배지역과 재배작물을 선택시 선택지역에서 예상되는 수량정보를 제공하도록 개발 되었다.

5. 인용문헌

- 농촌진흥청, 2017. 농업기술길잡이 91, 조사료, 농촌진흥청.
- 강신근, 2018. 사료작물 수량예측모델의 기후정밀도 향상을 위한 일평균기온 추정방법 연구, 석사학위논문. 강원대학교 대학원.
- 기상청, 2017. 기상기후 빅데이터 분석 플랫폼. <https://bd.kma.go.kr/kma2016/svc/main.do>
- 김문주, 성경일, 김영주, 2014. 구조방정식 모형을 이용한 이탈리아인 라이그라스 생산량에 대한 기후요인의 연구. 한국응용통계연구, 27(7): 1187-1196.
- 김문주, 2015. 순위형 변수에 대한 구조방정식모형 연구: 변환과 베이지안 방법. 박사학위논문. 강원대학교 이학박사.
- 김문주, 전민희, 성경일, 김영주, 2016. 청보리 생산량의 기후요인 분석을 위한 베이지안 구조방정식 모형. 한국응용통계연구, 29(2): 331-344.
- 김문주, 오승민, 김지용, 이배훈, 팽경륜, 김시철, 베페카두 체메레, 가세미 네자드 잘일, 김경대, 조무환, 김병완, 성경일, 2017. 기상 빅 데이터와 지리정보시스템을이용한 이탈리아인 라이그라스의 수량예측. 한국초지조사료학회지, 37(2): 145-153.
- 인터레뱅, 2017. 7. 14. 빅데이터가 바꾸는 농업의 미래. 인터레뱅 제199호, 농촌진흥청.
- 오승민, 김문주, 팽경륜, 이배훈, 김지용, 김병완, 조무환, 성경일, 2017. 혼파초지에서 모형의 단계적 적용을 통한 수량예측연구. 한국초지조사료학회지, 37(1): 80-91.
- 오승민, 2017. 혼파초지에서 수량예측의 정밀도 향상을 위한 모형의 단계적 적용. 강원대학교 농학석사.
- 최재천, 2017. 기상기후 빅데이터와 농축산업. in Big data를 이용한 풀사료 생산성 예측 및 재배 적지 mapping 홈페이지 구축 시연회(Forage Sustainability Mapping and Yield Prediction Modeling using Big Data), pp. 21-40.
- 한원식, 2003. 농업연구를 위한 통계적방법. 농촌진흥청, pp. 297-302.

6. 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2017(1년)	기초자료	위치정보를 이용한 일평균기온 추정방법
2018(2년)	기초자료	농가용 애플 DB 구축 및 제공

7. 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도	
					'17	'18
과제책임자	강원대학교	교수	성경일	과제 총괄	○	○
2협동책임자	산채연구소	농업연구사	김경대	세부주관 수행	○	○
공동연구자	산채연구소	운전서기	이정윤	시험연구지원	○	○
	원예연구과	공업서기	이기옥	"	○	-
	산채연구소	공무직	장세숙	"	○	○
	"	"	강현주	"	○	○
	"	"	강윤미	"	○	○
	산채연구소	농업연구관	권순배	"	○	○
	작물연구과	농업연구사	김용복	"	○	-
	산채연구소	"	김세원	"	-	○
	"	"	최병곤	"	○	○
	"	"	문윤기	"	○	○
"	"	박기덕	"	○	○	