

고령지 밭토양 수분분포도 탐색

안재훈 · 박철수¹ · 오동식² · 성성철³

고령지농업시험장¹, 농업과학기술원², 침성대(주)³

Development of Monitoring System of Upland Soil Water Contents in Highland Area

Jae-Hoon Ahn, Chul-Soo Park¹, Dong-Shig Oh² and Sung-Chul Sung³

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

²National Institute Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea

³Chumsungdae Ltd., Taejon 305-764, Korea

1. 서 언

우리나라 고령지는 특이한 지형조건 때문에 집중강우가 많고 기상변동이 심하며 지역간의 차이도 크다. 또한 고령지 밭토양은 경사지가 많아 유실이 심하여 대부분의 경작지는 토양환경이 불량한 상태에서 농업활동이 이루어진다. 이러한 고령지의 기상과 토양특성은 고령지 농업생산성에서 볼 때 대단히 불리한 조건으로 작용하게 된다. 특히 토양의 수분상태는 작물의 수량에 직접적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 병해의 발생에도 주요한 요인으로 작용하여 풍흉을 좌우하기도 한다. 그러나 토양수분상태를 정확하게 측정하여 농업현장에 제공할 수 있는 기술은 아직까지 개발되어 있지 않다.

고령지농업시험장에서는 강원도 대관령 일대 표고별로 구분된 주요 작물 재배지역에 14 SET의 자동기상관측장치(AWS: Automated Weather Stations)를 설치하여 토양수분상태를 포함한 대부분의 농업기상요소를 실시간 모니터링하고 있다(안 등, 2001). 본 연구는 기존의 고령지농업기상 관측망을 이용하여 고령지권의 토양수분 상태를 모니터링 및 분석할 수 있는 시스템 개발을 위하여 수행되었다.

2. 재료 및 방법

본 연구에서 토양수분 측정은 TDR(Time Domain Reflectometry)센서(CS615, Campbell scientific 社)를 이용하였고 자료기록장치(Datalogger)로는 CR10X(Campbell scientific 社)를 사용하였다. TDR 센서에 의한 대부분의 모니터링 값은 토양의 이화학적 특성을 고려하지 않은 값으로 토성, 유기물 함량, 전기전도도 등에 의하여 영향을 받는다. 농업적으로 실용가능한 토양수분값 산출을 위해서는 센서로부터 직접 수집된 값을 보정·변환시키는 과정이 필요하다. 즉 실제수분함량에 영향을 미치는 요인을 변수로 하는 보정모형식을 작성하여야 한다. 보정모형식 작성에 필요한 최적변수 선발을 위하여 TDR 센서 설치지점 토양을 대상으로 건조와 습윤상태를 달리하고 측정 부위별로 각각 2반복 샘플링하여 건토중량법으로 수분함량을 측정하고 토성, 유기물함량, 전기전도도, 가비중 등을 조사하였다. 백분율(%) 단위로 측정되는 토양수분함량을 작물수분흡수력과 연계할 수 있는 수분장력 단위(bar)로 변환하기 위해서 다음식을 이용하였다.

$$1 \text{ bar} = ((\theta - \theta_{15.0}) / (\theta_{0.1} - \theta_{15.0}))^{2.04}$$

여기서 θ =측정대상 토양의 중량수분함량, $\theta_{0.1}$ =0.1bar시의 물함량, $\theta_{15.0}$ =15.0bar시의 물함량이다. 각 지점별 센서주변의 토양에서 샘플한 토양시료를 이용하여 0.1과 0.5 bar시의 물 함량을 측정하였다. 공간분포도 표출을 위해서 거리역산가중법(Inverse distance weighting)에 의한 공간보간법

(interpolation)을 이용하였는데 사방 1km단위의 그물망(mesh) 형태로 세분하여 작성한 지형도를 토대로 작성하였다(과학기술처, 1992). 토양수분센서 설치지점 및 센서의 형태가 그림1에 나타나 있다.

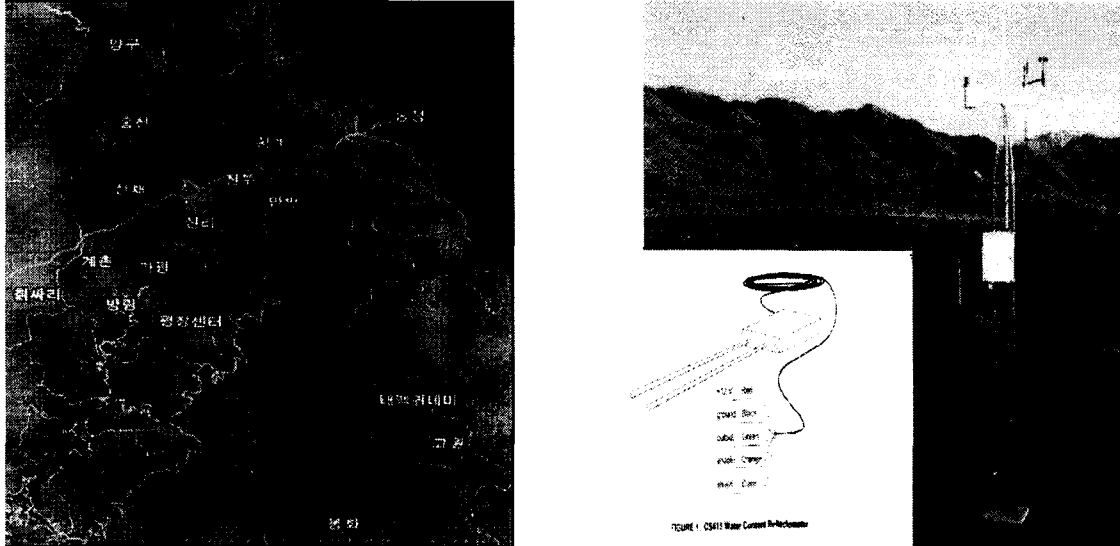


Fig. 1. Location of automated weather stations equipped with soil moisture sensor on a topographical map of the study area.

3. 결과 및 고찰

2.1 최적변수 선발

보정모형식 작성에 필요한 최적변수 선발을 위하여 TDR 센서 설치지점 토양의 토성, 유기물함량(OM), 전기전도도(EC), 가비중(BD) 등을 조사분석하였다(표1). TDR측정값, 유기물함량, EC, 가비중 등 수분함량에 영향을 미치는 요인을 독립변수로 토양수분함량을 통계적으로 설명할 수 있는 적정변수 선발 및 최적변수 조합을 위하여 SAS 프로그램의 STEPWISE procedure 방법을 이용하여 통계 처리한 결과는 다음과 같다(표2).

Table 1. Water contents and physicochemical properties of soil of the alpine area where automated weather stations(AWS) were installed

Station ID	Altitude (m)	water contents by core weight (%)	water contents by TDR (%)	Bulk density (g/cm ³)	EC (μS/cm ²)	OM (%)	Parameter for bar transformation
송정시험지 SongJung	11	27.1	15.5	1.34	48.0	2.65	0.27
안반덕이 Anbanduk	1,063	29.4	20.9	1.10	48.5	3.39	0.78
태백귀네미 TaeBack	931	29.4	37.3	1.26	96.5	3.84	0.35
홍천자운 HongChun	700	13.3	16.4	1.33	117.0	1.14	0.66
평창센터 PCcenter	312	17.8	26.3	1.37	22.5	0.79	0.32
침싸리 ChikSari	720	24.1	29.6	1.31	29.0	0.87	0.41
계촌다리 GeChon	522	13.3	12.0	1.42	43.0	1.83	0.67
방림분장 BangRim	372	23.5	32.5	1.38	96.0	2.54	1.14
신리 SilLi	514	27.4	34.0	1.36	56.0	2.80	0.42
가평초교 GaPyung	482	25.1	21.6	1.34	41.5	2.66	0.52
봉평산채 SanChae	608	16.2	16.1	1.40	24.5	1.56	0.70
횡계시험장 HoengGe	800	25.0	31.0	1.26	50.5	3.20	0.39
진부시험지 JinBu	574	-	-	-	10.0	3.25	-
양구 YangGoo	308	-	-	-	67.0	5.53	-

Table 2. Regression statistics for soil water contents

R-square	C(p)	Variables in model
0.491	5.02	OM
0.330	8.49	BD
0.322	8.67	TDR
0.062	14.30	EC
0.638	3.84	TDR OM
0.570	5.32	TDR BD
0.561	5.51	BD OM
0.706	4.36	TDR BD OM
0.702	4.45	TDR EC OM
0.769	5.00	TDR BD EC OM

변수가 하나일 경우 유기물 함량(OM)이 토양수분함량에 가장 영향을 미치는 것으로 나타났고, TDR 측정값, 가비중, 유기물함량 등 세 변수를 조합하였을 경우에 Mallows Cp값이 parameter의 값수에 접근하고 결정계수가 0.707로 가장 높아 실제수분값을 나타내는 변수로 선택하여 보정모형식

을 작성하였다.

$$TU = TDR * 0.29 - BD * 19.7 + OM * 3.02 + 35.0 (R^2 = 0.706)$$

여기서 TU : 토양수분 보정치, TDR : 모니터링 값, BD : 가비중, OM : 유기물함량이다. 중량 수분함량(%)값을 장력단위(bar)로 변환하기 위하여 변환모형식으로 환산한 결과 14개 지점의 지점 별 계수는 0.27(송정)~1.14(방림)으로 나타나 지점간에 심한 차이를 보였다(표2).

2.2 토양수분분포도 작성

공간분포도 그래픽은 거리역산가중법으로 사방 1km단위의 mesh형태로 표출, 시험장 홈페이지에 게재하여 감자역병분포도(Ahn, 2001)와 함께 공간정보를 인터넷으로 제공할 수 있도록 하였다. 분포도에서 녹색은 적습, 황색은 다소건조, 적색은 건조 지대로 한발 및 습윤 정도에 따라서 다른 색으로 나타냈다. 이로써 농업지대별로 한발정도의 추정이 가능하여 관수여부 등 작물별 계획적인 물 관리 전략이 가능하게 되었다.

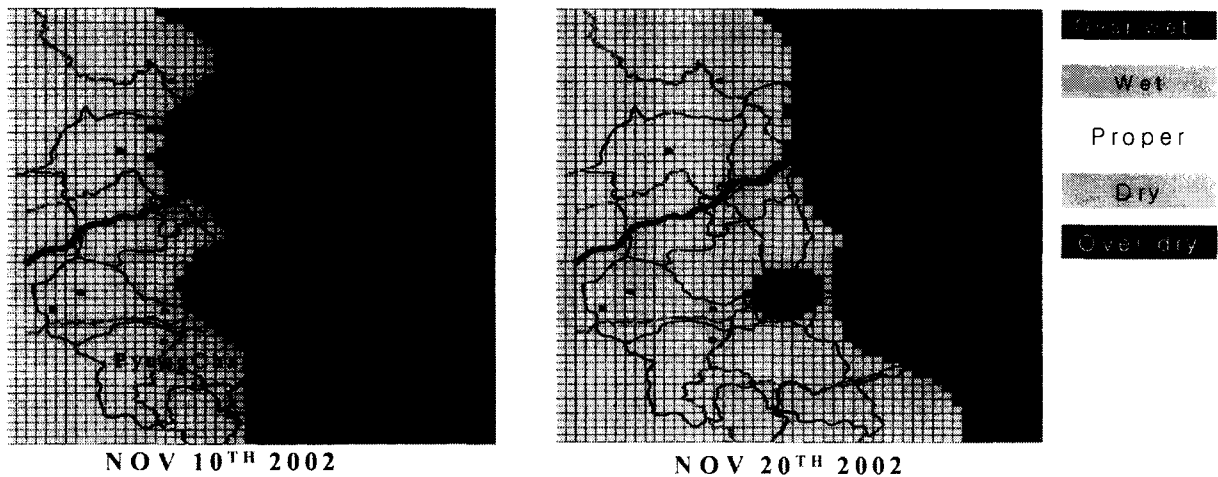


Fig. 2. Distribution display of soil water contents : Interpolation on 1km×1km mesh

인용문헌

안재훈, 윤진일, 김기영, 2001: 강원고랭지 농업기상 감시 및 분석시스템 구축. 한국농림기상학회지 3(3), 156-162.

Ahn J. H. and Y. I. Hahm, 2001: Distribution estimation of initial appearance of potato late blight based on meteorological information. *Korean J. Plant Path.* 17(6), 370.

과학기술처. 1992: 전국그물망기후값 추정 및 기후도작성 연구(Ⅲ). 기상연구소 주관 특정연구개발 사업 연구보고서.