

과수의 생육환경 모니터링을 위한 유비쿼터스 센서 네트워크의 적용*

— 사과나무를 대상으로 —

전문장¹ · 심규원^{2*} · 김 민³

Application of Ubiquitous Sensor Network for Growing Environmental Monitoring System of a Fruit Tree*

— A Case of Apple Tree —

Mun-Jang JEON¹ · Kyu-Won SIM^{2*} · Min KIM³

요 약

본 연구는 유비쿼터스 센서 네트워크 기술을 이용하여 과수 생육환경의 모니터링 시스템을 구현하고, 또한, 수세활력도 차이에 따른 과실의 각종 품질을 조사하기 위하여 경상북도 영주시 풍기읍에 위치한 사과 과수원에서 이루어졌다. 사과나무의 수세활력도는 일사량, 온도 및 습도에 영향을 많이 받는 것으로 나타났으며, 또한, 수세활력도는 사과의 과중, 당도 그리고 미네랄 함량 등에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그리고 본 연구를 통해 구현된 과수의 생육환경 모니터링 시스템은 과학적인 재배 방법을 통해 과수의 품질 개선에도 기여할 뿐 만 아니라, 향후 유비쿼터스 적용분야의 확대에도 기여할 것으로 사료된다.

주요어 : 유비쿼터스 센서 네트워크, 과수 수세활력도, 미네랄 성분, 모니터링 시스템

ABSTRACT

This study was carried out to embody monitoring system of growing environments of fruit tree with Ubiquitous Sensor Network and to analyze various fruit qualities by the tree's vigor in the apple orchard located in Poonggi-eup, Yeongju-shi, Gyeongsangbukdo, Korea. The tree's vigor of apple trees was influenced to insolation, temperature, and humidity and it had influence on the weights, sugar contents and the quality(especially in mineral contents) of

2009년 7월 27일 접수 Received on July 27, 2009 / 2009년 9월 1일 수정 Revised on September 1, 2009 / 2009년 9월 14일 심사완료 Accepted on September 14, 2009

* 본 연구는 2008년 대구대학교 학술연구비 지원으로 수행되었음.

1 대구대학교 산림자원학과 교수 Professor, Dept. of Forest Resources, Daegu University

2 대구대학교 연구교수 Research Professor, Daegu University

3 대구대학교 도시원예학과 교수 Professor, Dept. of Urban Horticulture, Daegu University

※ 연락처 E-Mail : technovision@paran.com

apples. The use of Ubiquitous Sensor Network will not only contribute to improve the quality of fruit by the offer of scientific fruit-cultivation method, but also to expand its application more and more.

KEYWORDS : Ubiquitous Sensor Network, Fruit Tree's Vigor, Mineral Contents, Monitoring System

서 론

기존의 수목 및 과수관리는 주로 경험적이고 관습적인 방법에 의하여 이루어져 왔으며, 이로 인하여 수목 성장에 영향을 주는 온도, 바람 등의 기상조건, 각종 토양조건 및 수목이 생육하고 있는 위치(방향 및 고도 등) 등의 외부 환경요인과 수목 자체의 양분상태와 수세 활력 등의 내부요인 그리고 정지(整枝) 및 전정 등과 같은 인위적 작업 등 고려해야 할 제 요인들이 거의 활용되지 못하고 있는 실정이다. 이러한 원인은 무엇보다도 수목의 장기적인 생육환경을 모니터링 할 수 있는 체계적인 시스템의 부재가 가장 큰 요인이라 생각된다.

한편, 최근 정보통신기술의 발달은 네트워크 체계를 유선에서 무선으로 그 변화를 자연스럽게 유도 하고 있으며, 이러한 가운데 유비쿼터스 환경이라는 새로운 패러다임이 출현하게 되었다(전자부품연구원, 2005). 특히, 유비쿼터스 센서 네트워크(Ubiquitous Sensor Network: USN)는 시간과 공간의 제약으로 모니터링이 어려웠던 분야에도 적용할 수 있는 가능성을 보여주고 있다. 이러한 기술적 진보는 온도나 습도 등과 같은 환경정보 수집과 시설물 관리 등 제한적인 범위 내에서만 국한되어 이루어지고 있는 임업이나 농업분야에도 적용을 확대시킬 수 있는 계기가 되고 있으며, 이를 통해 각종 수목 및 과수의 성장환경 개선, 도시림 관리, 수목 병해충 발생경보, 그리고 보존 가치가 있는 노거수의 모니터링 등 수목의 개체별 성장환경 모니터링이 가능하게 됨으로써 임업 및 농업의 생산성 향상 및 관리의 용이성도 기할 수 있을 것이다. 그리고 발생된 문제에 대해

사후 대응방식이 아닌 발생 가능한 문제들을 미연에 방지 또는 그 피해를 경감시킬 수 있는 사전 대응방식의 관리가 이루어질 수 있는 효과도 있다고 예상된다. 그러나 현재까지 임업이나 농업분야의 경우 이에 대해 이루어진 연구는 거의 없는 실정이다.

이에, 본 연구는 유비쿼터스 센서 네트워크를 이용하여 과수의 생육환경 모니터링 시스템을 구현하기 위하여 각종 과수 중에서 그 이용도가 높은 사과나무를 대상으로 이의 생육에 영향을 주는 요인들의 파악과 수목의 활력도 및 활력도의 차이가 과중과 당도 등에 미치는 영향을 조사하였다.

선행연구 고찰

1. 유비쿼터스 기반 정보기술의 활용분야 현황

유비쿼터스란 ‘도처에 널려있다. 언제 어디서나 동시에 존재한다.’라는 라틴어에서 유래한 용어로서, 언제 어디서나 원하는 정보를 얻을 수 있다는 것을 의미하며(정보통신부, 2006), 이는 업무의 계획, 관리, 서비스 등 모든 분야에서 무한한 기회를 창출할 수 있는 혁신적 정보기술패러다임으로 제시되고 있다(배민기, 2007).

RFID(Radio Frequency IDentification)는 초기에 유통, 물류, 국방 분야에서 적용되어 왔으나, 최근에는 교통, 의료, 도서관, 시설물관리 등 다양한 분야에서 활용되고 있으며(한국전산원, 2005; 전자부품연구원, 2005), 이는 전파식별 장치로 개별 시설물의 현장인식을 위한 유비쿼터스 기술의 기반이 되는 것으로 지형공간정보체계(GIS; geospatial information system)와 접목할 경우 시설물관리에 있어서

공간검색 및 시설물의 데이터베이스 검색에 효율성을 높일 수 있다고 하였다(김의명 등, 2006b).

이에 대해, UFID(Unique Feature Identification)는 국토공간과 대상물에 대해 고유한 번호를 부여한 유일식별자의 하나로 지형지물의 위치와 내용을 단일체제로 통합·관리할 수 있는 핵심기술(김의명 등, 2006a; 배민기, 2007)로 위치정보, 관리기관 등의 정보뿐만 아니라 고도정보와 더불어 실시간 정보의 관리를 위한 센서 및 통신기술을 결합하고 GIS와 연계함으로써 지상의 자연 지형지물과 인공시설물, 지하시설물 등에 대한 체계적인 관리가 이루어질 수 있도록 하여 준다고 하였다(김주한과 김병국, 2006; 배민기, 2007).

한편, 유비쿼터스 센서 네트워크는 각종 센서를 이용하여 감지한 정보를 무선네트워크를 통하여 시간과 공간의 제약을 받지 않고 데이터의 송수신이 가능한 기술로, 이와 관련된 대부분의 연구들은 정부 주도의 시범사업 형태로 이루어지고 있는 실정이며, 2007년도 u-IT 선도사업 지원대상에 'RFID기반 국가물품관리 서비스 고도화' 과제를 제안한 조달청 등 총 19개 부문에서 19개 기관이 선정되었다. 특히 USN을 이용한 시범사업으로는 울릉도 지역의 주요 하천 교량에 하천범람 모니터링 및 독도 접안 지원을 위한 USN 기반 시스템을 구축하는 u-울릉도 독도 재난·재해 조기에보시스템 구축 사업(경상북도)과 대전 주요 3대 하천에 생태감지 센서를 설치하여 하천생태복원 모니터링 시스템 구축 및 u-wellbeing 정보를 제공하는 USN 기반의 3대 하천 생태복원 모니터링 시스템 구축사업이 대표적인 생태환경 모니터링 시스템 구축 관련 연구라 할 수 있다. 그리고 그 이외에 안전관리, 시설물 관리, 그리고 지하수 관리 등이 시범사업으로 선정되어 현재 진행되고 있다(한국방송통신위원회, 2009).

2. 유비쿼터스 센서 네트워크를 이용한 생육환경 모니터링에 관한 선행연구

유비쿼터스 기술의 발달은 인력 의존도가 높아 많은 비용이 소요되고, 시공간적인 제약으로 인하여 지속적인 모니터링이 어려웠던 가로수 등과 같은 각종 수목 및 자연생태계의 서식환경을 모니터링 할 수 있도록 하였다.

국내의 경우, 한국도로공사 도로교통연구원(2007)은 영동고속도로의 둔내터널과 대관령터널 진입구간의 중앙분리대에 식재된 수목을 대상으로 제설체에 반응하는 수종별 수세활력도의 변화를 모니터링 하였다. 이는 잦은 눈으로 인한 차량 통행의 어려움을 경감시키기 위하여 사용되는 제설체로 인하여 중앙분리대에 식재된 수목이 고사하고 있어 이에 잘 견딜 수 있는 수종을 파악하기 위하여 유비쿼터스 센서 네트워크 기술을 이용하여 실시간으로 수세활력도를 측정하였다. 심규원 등(2007)은 유비쿼터스 센서 네트워크 기술을 활용하여 수목의 수세활력도를 자동으로 측정하여 실시간 모니터링이 가능한 시스템을 개발하였으며, 개발된 시스템의 신뢰성을 검증하기 위하여 동일한 공시목을 대상으로 사이고미터와의 시스템 측정값을 비교하였다. 이에 의해 측정값의 송수신 안정성을 검증한 결과 데이터 전송이 가능한 최대거리는 130m로 나타나 산림지역이나 가로수 관리에 적용할 경우 효율성이 높은 것으로 보고되었다. 이외에도 가로수 관리의 경우 가로수의 관리대상과 도면을 캐드를 기반으로 관리할 수 있는 연구(허상현과 심경구, 2001), 가로수의 현황자료를 분석한 후 가로수를 효율적으로 관리할 수 있는 지침을 마련한 연구(경기개발연구원, 2002), GIS를 이용한 가로수의 수종별, 구청별, 노선별 일련번호를 부여한 체계적인 관리방안 제시(이윤정, 2002), 그리고 무선인식기술과 지형적인 공간정보체계를 이용한 가로수 종합관리시스템을 제안한 연구가 수행되었다(김의명 등, 2006a).

그러나 이러한 연구들은 관리방안을 제시하는데 그치거나, 여전히 인력에 대한 의존도가 높음을 알 수 있었다.

외국의 경우, 센서 네트워크를 이용하여 수목의 성장상태를 모니터링 한 대표적인 사례로는 Redwood Park Forest Ecosystems를 들 수 있다. 이는 센서 네트워크를 이용하여 UC Botanical Garden에서 미국 캘리포니아주의 주목(州木)인 삼나무의 성장 환경을 모니터링 하고, 삼나무 생장에 미치는 안개의 영향을 조사하기 위하여 특수하게 제작된 센서 노드를 삼나무 한그루에 수십 개를 서로 다른 높이에 장착하여 삼나무의 높이별 수분 상태가 삼나무 숲의 생태계에 어떤 영향을 미치는가를 조사하는 연구로, 센서 네트워크를 이용하여 시간적, 공간적 제약으로 측정하기 어려웠던 분야에 대한 새로운 적용 가능성을 보여주었다 (Department of integrative biology, 2009). 한편, 자연 생태계를 모니터링 하는 센서 네트워크 시스템과 관련된 연구로는 UC Berkeley와 College of the Atlantic, UC Berkeley 내의 인텔 연구소가 공동으로 추진한 Great Duck Island Ecosystems가 있다. 이 시스템은 센서 네트워크를 이용하여 Great Duck Island에 서식하는 바다제비의 생태와 서식환경을 감시하기 위한 원격 생태모니터링 시스템으로, 배터리를 기반으로 한 센서 노드를 섬의 특정 지점에 배치하고, Multi-Hop Ad-Hoc Network를 구성하여 각 센서 노드의 환경정보를 수집하고 데이터를 기지국으로 전송하도록 구성하였다. 기지국은 수집된 데이터를 데이터베이스에 저장하고 등대에 설치된 위성 안테나를 통해 California Berkeley에 있는 서버에 전송하고, 최종 클라이언트에게 실시간 정보를 인터넷을 통해 제공 받을 수 있도록 구성하였으며, 이는 센서 네트워크를 이용하여 환경을 파괴하지 않고 생태계를 감시할 수 있게 하였다 (<http://www.greatduckisland.net>).

연구방법

1. 조사지

조사지는 경상북도 영주시 풍기읍에 소재한 환경사지의 사과 과수원으로, 이 지역은 전국 사과생산량의 13% 정도를 차지하는 전국 최대의 사과 주산지이며, 소백산 자락에 위치하고 있어 일교차가 매우 심하고, 또한 대부분 친환경 농법으로 사과를 재배하고 있는 곳이다. 그리고 영주의 일조시간은 연간 약 2,300시간으로 매우 길고 연강수량은 1,100~1,300mm로 경상북도의 다른 지역보다 200mm 정도 많아 사과재배에 장점을 가지고 있다.(영주시청, 2009).

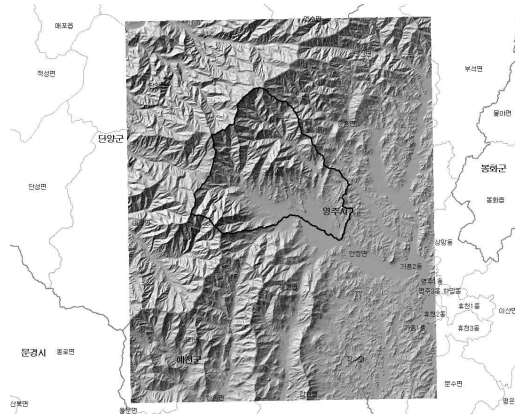


FIGURE 1. 조사지역의 지형적 특성

2. 조사방법

각종 환경정보와 사과나무의 수세활력도 조사는 사과의 수확시기 등을 고려하여 2008년 9월 13일부터 2008년 10월 25일 사이에 이루어졌다. 우선 사과생산에 큰 영향을 미치는 자연환경인 온도, 습도 및 일사량을 센서별로 1일 기준 30분 간격으로 총 48회 자료를 수집하였으며, 수세활력도 조사도 공시목별로 자연환경조사와 동일하게 실시하였다. 그리고 측정된 자료들은 무선통신(2.4GHz)으로 게이트웨이 노드에

전송하고, 게이트웨이 노드는 CDMA(900MHz) 통신망을 이용하여 TCP/IP 접속을 통하여 데이터베이스 서버에 공시목별의 자료를 저장하였다.

3. 시스템 구성

수세활력도 측정시스템은 USN을 기반으로 수세활력도의 측정, 데이터 전송, 그리고 분석 및 실시간 모니터링에 이르는 모든 과정이 자동화 시스템으로 개발되어, 정기적이고 지속적인 측정을 통한 체계적인 모니터링이 가능하다. 시스템의 구성은 수목의 수세활력도를 측정하기 위해 삽입되는 2개의 전극센서, MCU의 명령을 받아 전극센서로 일정한 전류를 흐르게 방향을 전환하는 스위치, 스위치를 조절하여 하나의 전극센서로 전류를 보내고 반대쪽 전극센서로 들어오는 전위차를 입력받는 측정부, 측정부로부터 여러 번의 측정값을 받아들이며 최대값과 최소값을 제외한 평균을 내어 수세활력도 평균값을 취하는 MCU, 측정보드의 각부에 구동전원을 공급하는 고용량전원 및 태양 전지, 고용량전원 및 태양 전지의 현재 전원의 상태를 측정하여 MCU에 전달하는 전원 확인부, MCU에서 측정한 수세활력도 데이터를 기지국으로 전송하는 무선통신부, 그리고 시리얼통신규격(RS-232C) 방식으로 외부의 PC와 통신을 수행하는 PC통신부로 구성되어 있다(심규원 등, 2007).

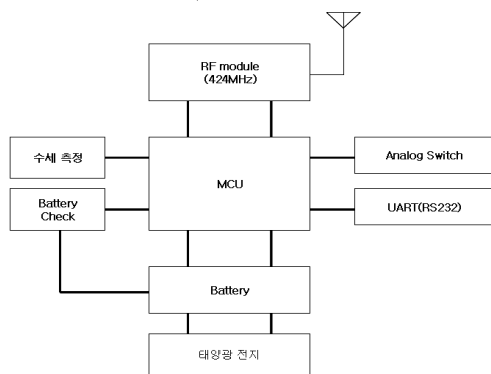


FIGURE 2. 수세활력측정 시스템 구성도

4. 시스템 구현 및 측정방법

사과나무의 생육환경 모니터링 시스템을 공시목에 설치한 후 수세활력도를 측정하기 위하여, 각 공시목에 수직으로 두 개의 전극센서를 삽입하고 한쪽 전극센서에 전기를 흘려 다른 하나의 전극센서에 들어오는 전위차를 이용하였다. 수세활력도 측정을 위한 전극센서의 삽입 위치는 공시목 모두 동일하게 지상에서 50cm 높이의 남향(南向)에 2cm 깊이로 탐침하였다. 1회 측정시 연속적으로 총 30회를 측정한 다음 이들 중 최대값과 최소값을 제외한 나머지 값의 평균을 수세활력도로 하였다.

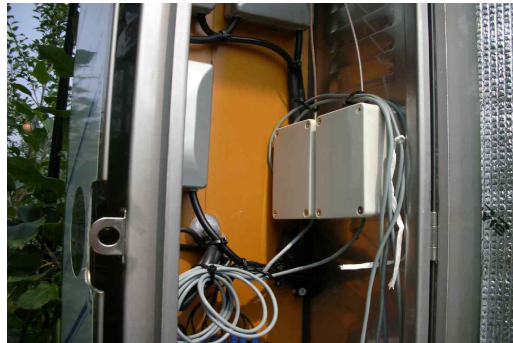


FIGURE 3. 수세활력도 측정센서 및 환경정보 센서



FIGURE 4. 수목에 삽입된 전극센서

5. 사과 품질 분석방법

공시목별로 생산된 사과를 20개씩 무작위로 선정하여 과중과 경도를 측정하였으며, 미네랄

함량은 성분분해와 미량원소 파악이 용이한 습식분석법($H_2O_2-H_2SO_4$ 분해법)을 이용하였다. 습식분석법으로 분해된 사과의 양이온과 미량원소는 분광광도계를 이용하여 분석하였으며, 각 성분 분석에 사용된 시액은 conc. H_2SO_4 와 conc. H_2O_2 (P-free)로, 우선 시료 5g을 micro-Kjeldahl flask에 넣은 다음 conc. H_2SO_4 5ml를 가한 후, flask 기벽에 묻어 있는 시료를 닦아내면서 시료에 고르게 문도록 한 다음 이를 분해대에 놓고 처음에는 낮은 온도로 가열하고 점차 고온으로 가열하면서 H_2O_2 를 0.5ml씩 넣고, 분해액이 백색으로 투명하게 될 때까지 H_2O_2 를 첨가하면서 가열하였다. 분해에 소요되는 시간은 약 2시간 30분 정도이고 이때 H_2O_2 는 약 7~8ml 소모되며, 분해액은 No.6이나 No.7 여지로 여과해서 50ml 되게 맞춘다. 여액은 T-N, P, K, Ca, Mg, Na 등의 정량을 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 수세활력도 및 환경정보 측정 결과

2008년 9월 13일부터 10월 25일까지 1일 기준 30분 단위로 48회씩 측정하여 수세가 왕성한 공지구(ID 1)와 약한 공지구(ID 2)로 나누어 조사기간 중 시간대별 평균값을 산정하였으며, 그 결과 표 2와 같이 ID 1의 수세활력도

는 평균 709.0 mv로 나타났고, ID 2의 수세활력도는 평균 501.5 mv로 나타났다.

TABLE 1. 공지구별 특성

구분	공시목 수	수령	평균 수고
공지구 1	5	10년	2.95m
공지구 2	5	10년	3.10m

일반적으로 전압의 세기(millivolt; mv)는 수분과 양분함량이 많을 경우 크게 나타나며, 적을 경우는 낮게 나타난다. 그리고 수목의 수세활력도는 수목별로 고유한 값을 가지고 있으며, 생육상태에 따라 전압의 세기가 달라지므로 수목의 활력지표로 이용이 가능하며 또한, 수목에서 형성층 주변의 조직은 수분과 양분을 이동시키는 통도조직으로, 건강하여 활력이 높을 때는 수분 함량이 많으며, 각종 스트레스를 받아 활력이 낮을 때는 수분 함량이 낮아지는 특성을 보인다(심규원 등, 2007; Shigo, 1991). 따라서, ID 1이 ID 2보다 왕성한 생육을 하고 있음을 알 수 있었다.

한편, 사과 수확일인 2008년 10월 24일을 포함하여 총 7일(2008. 10. 19 ~ 2008. 10. 25)간 공시목의 수세활력도와 환경정보(온도, 습도, 일사량)를 일별로 비교하여 분석한 바, 일사량은 수목의 대사활동과 생장에 가장 큰 영향을 주고 기온과 습도도 영향을 주는 환경인자로 나타났으며(그림 5~12) 특히, 일사량 및 기온이 가장

TABLE 2. 시간대별 공시구의 수세활력도

시간	ID 1	ID 2	시간	ID 1	ID 2	시간	ID 1	ID 2	시간	ID 1	ID 2
0:00	696.3	490.1	6:00	696.0	488.0	12:00	729.3	534.9	18:00	709.7	496.1
0:30	699.0	489.7	6:30	695.9	488.6	12:30	732.0	531.4	18:30	694.0	494.4
1:00	698.6	489.2	7:00	692.9	487.7	13:00	733.3	528.7	19:00	704.4	493.1
1:30	699.2	489.5	7:30	694.3	490.7	13:30	720.2	525.2	19:30	704.9	493.5
2:00	699.3	491.8	8:00	705.7	494.3	14:00	718.0	522.6	20:00	707.6	492.2
2:30	698.0	490.7	8:30	714.9	502.0	14:30	724.5	521.0	20:30	702.8	491.5
3:00	697.8	490.0	9:00	727.9	504.8	15:00	723.0	516.8	21:00	704.4	491.5
3:30	697.2	487.6	9:30	732.9	510.9	15:30	719.1	512.4	21:30	701.5	491.4
4:00	695.6	488.5	10:00	729.8	517.2	16:00	719.3	508.5	22:00	691.5	490.8
4:30	695.9	488.0	10:30	734.9	525.1	16:30	708.5	505.3	22:30	701.0	490.6
5:00	700.7	487.2	11:00	727.0	535.9	17:00	712.9	502.0	23:00	697.3	490.7
5:30	696.5	487.0	11:30	734.9	541.2	17:30	711.2	498.7	23:30	694.3	489.5

note; 수세활력도는 평균값임(단위; millivolt)

높게 나타나는 정오를 기점으로 수세활력도가 가장 높은 것으로 나타났다. 이는 수목의 생육 환경과 관련된 연구에서도 보고되었듯이(윤정호, 2004; 조민석, 2008), 일사량, 온도, 그리고 습도는 수목의 생장에 영향을 미치는 기상환경 인자로서 수목의 광합성, 수분증산, 호흡작용 등에 큰 영향을 미치기 때문으로 판단된다. 한편, 공시목별 수세활력도는 10월 23일 새벽 5시에서 6시 사이 데이터 송수신의 일시적인 문제로 데이터가 누락되었고, 환경정보의 경우 사과 수확 일인 10월 24일 오전 10시부터 오후 9시까지 데이터 전송이 누락되었으나 1일 48회에 걸쳐 데이터의 측정과 수집이 이루어졌기 때문에 분석에는 큰 오류를 주지 않을 것으로 생각된다.

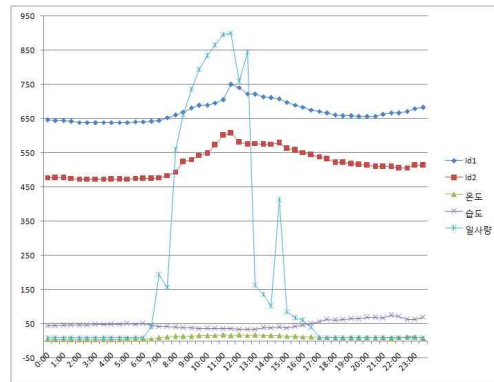


FIGURE 7. 2008년 10월 21일 비교 분석 결과

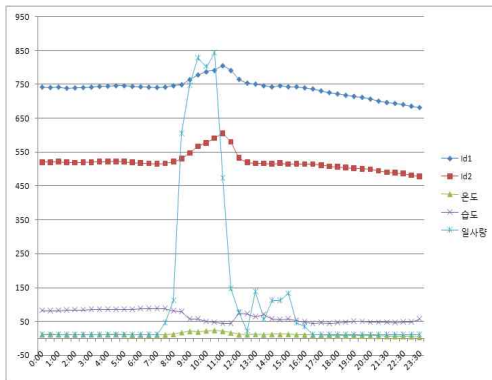


FIGURE 5. 2008년 10월 19일 비교 분석 결과

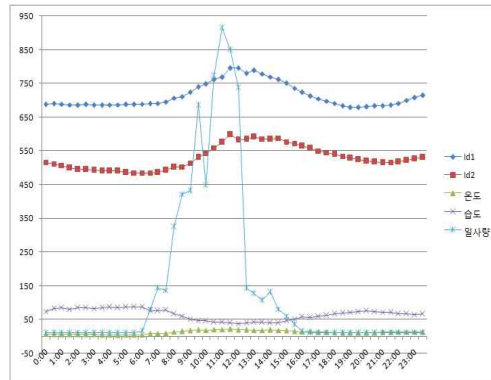


FIGURE 8. 2008년 10월 22일 비교 분석 결과

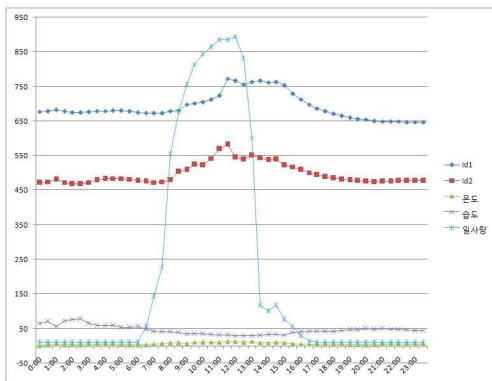


FIGURE 6. 2008년 10월 20일 비교 분석 결과

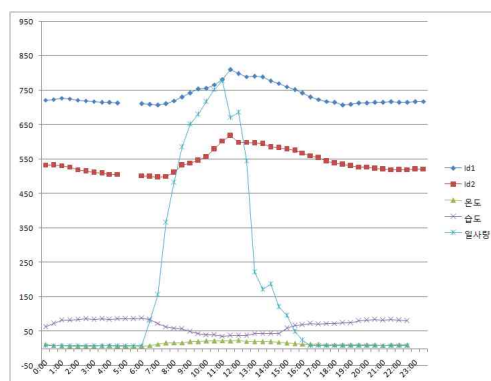


FIGURE 9. 2008년 10월 23일 비교 분석 결과

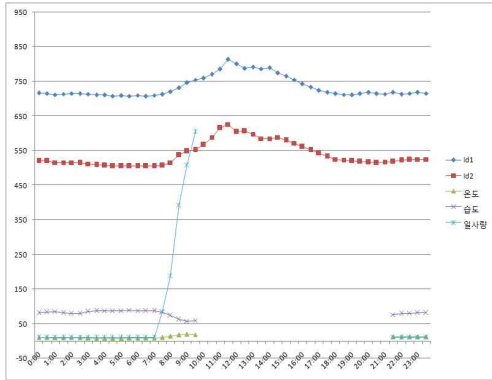


FIGURE 10. 2008년 10월 24일 비교 분석 결과

다음, 공시구 1(ID 1)과 2(ID 2)에 대하여 수확 5일전부터 수확일 다음날까지 수집된 수세활력도의 비교 분석을 실시한 결과, 공시구 별 수세활력도는 일별로 미세한 차이가 있었으나 시간대별 수세활력도의 변화 패턴은 일정한 선형모양을 보였다(그림 5~12 참조). 그러나 수확 다음날인 10월 25일의 수세활력도 변화 패턴의 경우, 그림 9와 10에서 보는 바와 같이 그 이전 5일간의 수세활력도 패턴과는 다소 차이가 있었고, 수세활력이 약간 증가하는 경향을 보였다. 즉, 사과 수확이 이루어진 이후 수세활력도가 상승된 것으로 나타났는데 이 원인이 사과수확으로 인한 영향인지는 향후 추가적인 조사가 요구된다.

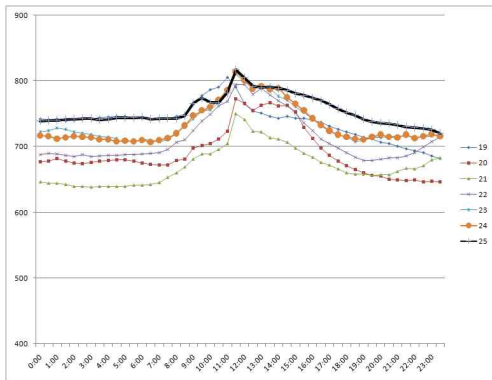


FIGURE 11. 공시구 1(ID 1)의 수세활력도 일중변화(2008.10.19~25)

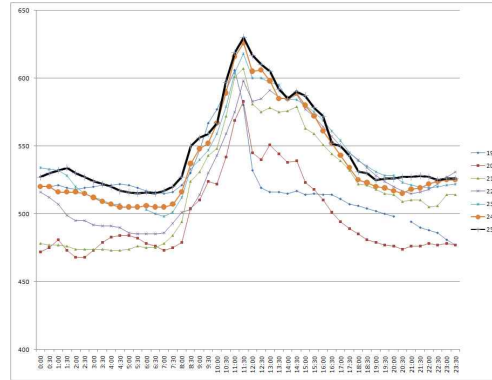


FIGURE 12. 공시구 2(ID 2)의 수세활력도 일중변화(2008.10.19~25)

2. 수세활력도에 따른 과실의 물리적 및 화학적 성분 분석 결과

공시구별로 생산된 사과를 20개씩 무작위로 선정하여 과중과 당도를 비교 분석한 결과 공시구의 수세활력도에 따라 평균 과중과 당도에 차이가 있었다(표 3). 표에서 보는 바와 같이, 평균 수세활력도가 709.0 mv인 공시구 1은 과중(果重)이 309.1g 그리고 당도가 15 brix였다. 이에 대해 평균 수세활력도가 501.5 mv인 공시구 2의 경우는 과중과 당도가 각각 275.0g과 11 brix로 나타나 공시구 1의 사과가 공시구 2보다 품질이 우수함을 알 수 있다. 일반적으로 고품질 사과의 기준은 과중이 300g 이상일 경우 ‘대’등급으로 그리고 250g~300g 미만일 경우 ‘중’등급으로 구분하고 있으며, 당도는 14 brix 이상인 경우 ‘특’등급으로 분류하고 있다(한국농산물품질관리원, 2009). 이상의 결과를 종합하여 판단할 때, 과실의 품질은 수세활력도와 밀접한 관련이 있다고 사료된다.

TABLE 3. 과실의 물리적 화학적 성분분석 결과

공시구 ID	평균 수세활력도 (mv)	평균과중 (g)	평균당도 (brix)
1	709.0	309.1	15.0
2	501.5	275.0	11.0

TABLE 4. 과실의 미네랄 함량 분석 결과

		단위 : (mg/100g)										
구분	공시구 ID	Ca	K	Mg	Na	P	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
유기 재배	1 (709.0mv)	2.893	135.84	1.946	1.664	16.727	0.241	0.072	0.796	0.074	0.062	0.129
	2 (501.5mv)	2.200	103.18	1.432	0.923	12.858	0.123	0.088	0.289	0.071	0.042	0.106
관행 재배	3 (대조구)	1.965	115.91	1.064	1.719	7.879	0.097	0.090	0.297	0.055	0.059	0.102

3. 수세활력도에 따른 과실의 미네랄 함량 분석 결과

과실의 미네랄 함량도 공시목별 수세활력도에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다(표 4). 특히 수세활력도가 높은 공시구 1의 경우 K, P, Ca, Mg가 공시구 2 보다 높은 것으로 나타났으며, 그 중 K가 135.84 mg/100g으로 가장 많이 함유하고 있었고, 다음으로 P(16.727mg/100g), Ca(2.893mg/100g), Mg(1.946mg/100g), Fe(0.796mg/100g), B(0.241mg/100g)의 순으로 분석되었다. 공시구 2도 역시 K(103.18mg/100g), P(12.858mg/100g), Ca(2.200mg/100g), Mg(1.432mg/100g) 순으로 주된 성분을 이루었으나 수세활력도가 높은 공시구 1에 비해 미네랄 함량이 다소 낮은 것으로 나타났다.

한편, 수세활력도가 높은 공시구에서 Fe와 Mn의 함량이 높은 것은 과일착색과 관계가 있으며, K, Fe, Mn의 함량은 당과 유기산의 결합으로 당산비에 영향을 주기 때문에 고품질의 과실과 수세활력도와는 상관관계가 성립됨을 알 수 있다. 따라서 과수 성장 모니터링 시스템 구축을 통하여 사과나무의 조기 수상진단(樹相診斷)이 가능하며, 수확기 과실의 품질을 예찰하면서 적기에 적절한 작업으로 고품질 과실의 생산 비율을 높일 수 있다고 사료된다.

또한 본 조사지는 사과가 유기재배 방식으로 생산되고 있기 때문에 이를 기존의 관행재

배 방식으로 생산되는 사과와 미네랄 함량 차이를 비교·분석한 바, 유기재배 사과는 관행재배에 비해 전반적으로 미네랄 함량이 현저하게 높게 나타났으며, 특히 Ca, P, Mg, Fe, B가 높게 나타났다. 그러나 제반 연구여건의 제약으로 인하여 본 결과를 일반화하기에는 어려움이 있어 향후 다른 환경적 요인 등을 고려한 추가적이고 지속적인 연구가 필요하다.


결론

본 연구는 유비쿼터스 센서 네트워크를 활용하여 과수의 생육환경모니터링 시스템을 구현하기 위하여, 이를 사과나무 ‘후지’에 적용하여 수세활력에 미치는 기상환경 인자를 조사하고, 또한 수세활력도에 따른 사과품질의 차이를 분석하였다. 그 결과 수세활력도는 일사량, 온도 및 습도에 큰 영향을 받았으며, 수세활력이 높은 나무에서 생산된 사과가 당도나 과중이 높았고, 미네랄 성분검사 결과에서도 함량의 차이가 있는 것으로 나타나 고품질의 사과 생산을 위해서는 수세활력이 중요한 요인임을 알 수 있었다. 또한 유비쿼터스 센서 네트워크의 기술을 농업분야에 적용하여 과학적인 과수 관리에 활용할 수 있는 가능성도 제시하였다.

따라서, 본 연구결과를 토대로 향후 지속적인 기술의 개발이 이루어져 생육환경 모니터링 시스템의 안정성 확보와 효용성이 제고된

다면 농업과 임업분야에서 다양하게 활용이 가능할 것으로 사료된다. 그 세부적인 활용분야를 살펴보면, 먼저 수목 생육상태 모니터링을 통해 병해충 피해의 최소화, 열과 예측, 수상진단, 그리고 생산량 추정 등이 가능한 모니터링 시스템을 구축할 수 있다. 또한 병해충 등의 피해로 인한 수세 쇠약목에 대한 신속한 관리대응이 가능하며, 보호가치가 있는 노거수나 도심의 가로수도 수세활력도 모니터링을 통하여 체계적인 관리가 가능하다. 그리고 병해충으로 인해 수목의 수세가 급격히 약해질 경우 이를 실시간으로 알려주는 경보시스템 구축이 가능하며, 생산임지에서 간벌 임지와 비간벌 임지의 수세활력도 비교를 통한 임분 관리방안의 모색 및 임목의 생장상태 파악도 가능하다고 사료된다.

또한, 기존의 가로수, 도로, 상수도, 송배전 등 시설물 관리에 많이 활용되고 있는 지형적인 공간정보체계와 결합한 모니터링 시스템을 구현할 경우 활용성 및 효율성을 높일 수 있을 것이며, 이를 통해 인력의존도를 줄이고, 시공간이나 비용의 제약 없이 상시적인 모니터링을 통해 현장관리에 대한 공백도 경감시킬 수 있을 것이다.

그러나, 본 연구는 대상지와 조사시기가 한정적이고 또한 과수의 생육에 영향을 주는 토양 수분환경이나 화학성분 등 제 요인에 대한 조사와 분석이 충분하게 이루어지지 않았기 때문에 향후 이러한 제한사항들을 연구에 반영하여 보다 세밀한 조사를 수행할 필요가 있다. 

참고 문헌

- 김의명, 이운, 김성수, 김인현, 최영희. 2006a. 무선 인식과 지형공간정보체계를 이용한 효율적인 가로수관리. 한국지리정보학회지 9(1):137-148.
- 김의명, 강민수, 이진영, 김병헌, 김호준, 김인현. 2006b. 유비쿼터스 기술을 이용한 시설물 관리. 한국지리정보학회지 9(4):105-118.
- 김주한, 김병국. 2006. UFID를 이용한 기본지리 정보 갱신 및 지형변화율 산출방안 연구. 대한토목학회논문집 26(1):157-167.
- 경기개발연구원. 2002. 경기도 가로수 식재 및 관리개선 방안. 296쪽.
- 배민기. 2007. 국립공원 통합관리를 위한 유비쿼터스 정보기술 활용방안. 한국지리정보학회지 10(3):134-148.
- 심규원, 전문장, 김중규. 2007. 유비쿼터스 센서 네트워크를 이용한 자동 수목 활력도 측정 시스템 개발. 한국산업정보학회논문지 12(1):61-71.
- 윤정호. 2004. 소나무림 공간분포 특성 및 변화 예측: 지형, 기상, 토양인자의 영향을 중심으로. 고려대학교 박사학위논문. 142쪽.
- 이윤정. 2002. 부산의 가로수에 대한 이해와 관리 방안. 부산발전포럼 통권74호. 26-31쪽.
- 이찬용, 김중국, 채희문, 이상매, 원대성. 2002. 솔잎혹파리 피해임지내 수목의 외형적 인자와 관련된 수세변동과정 해석. 강원대학교 산림과학연구 18:45-52.
- 전자부품연구원. 2005. USN 센서 노드와 관련된 국내기업 및 제품의 최근동향. 1-15.
- 정보통신부. 2006. IT839전략. 1-25.
- 조민석. 2008. 광도 변화가 온대중부 주요 활엽수종의 생리 및 생장에 미치는 영향. 충남대학교 석사학위논문. 78쪽
- 한국도로공사 도로교통연구원. 2007. 제설방법에 따른 염화물이 콘크리트 구조물과 환경에 미치는 영향 및 대책(IV). 191쪽.
- 한국전산원. 2005. 한국형 u-City 모델 제안. 311쪽.
- 허상현, 심경구. 2001. CAD를 이용한 가로수 관리 전산화에 관한 연구. 한국조경학회지 29(2):68-76.
- Shigo A.L. 1991. Modern Arboriculture. Shigo and Trees Assoc. Durham. New Hampshire. 42p.
- 영주시청(<http://www.yeongju.go.kr>)
- 한국농산물품질관리원(<http://www.naqs.go.kr>)
- 방송통신위원회(<http://www.kcc.go.kr>)
- greatduckisland.net(<http://www.greatduckisland.net>)
- Department of integrative biology(<http://ib.berkeley.edu>) 