

# 소나무재선충병 훈증더미 관리시스템 개발에 관한 연구

시험기간 : 2018년(1년차)

담 당 자 : 유찬열, 박준호, 유재원

## I. 서 론

소나무재선충병(Pine wilt disease)은 1988년 부산 동래구 금정산을 시작으로 경남의 경우 1997년에 함안군 칠원읍에 발생한 이후 빠르게 확산되어 2016년 합천군 신규발생으로 경남지역 18개시·군 전체가 소나무재선충병에 감염되었다. 소나무 잎이 우산살 모양으로 아래로 처지며 빠르면 1개월 만에 잎 전체가 적갈색으로 변하면서 말라 죽는다. 소나무재선충병의 병원체인 소나무재선충(*Bursaphelenchus xylophilus*)은 크기는 1mm 내외이며 실처럼 가늘고 길게 생겼다. 소나무 재선충은 입안에 바늘같이 뾰족한 침으로 소나무의 양분을 빨아먹는다. 소나무재선충을 보유한 매개충인 솔수염하늘소(*Monochamus alternatus*)가 신초를 후식할 때 소나무재선충이 나무 조직 내부로 침입하여 빠르게 증식해 뿌리로부터 올라오는 수분과 양분의 이동을 방해하며 나무를 시들여 말라 죽게 한다. 병징 및 표징으로는 소나무 잎이 우산살 모양으로 아래로 처지며 잎 전체가 적갈색으로 변하고, 가지나 줄기에서 매개충의 타원형 침입공과 지름 5~8mm의 원형 탈출공이 발견된 것으로 알 수 있다. 빠른 감염속도로 인해 고사목이 증가되었으나, 최근에는 적극적인 예방조치로 인해 과거보다는 피해 확산속도가 느리게 진행되고 있지만 한번 감염되면 되돌릴 수가 없어 주의해야 한다. 고사목은 베어서 훈증 소각하고(훈증법 : 고사된 나무를 베어서 쌓고 살충제를 뿌린 후 비닐로 덮어 훈증하여 매개곤충을 제거하는 방법), 매개충 구제를 위해 5~8월에 아세타미프리드 액제를 3회 이상 살포한다. 예방을 위해서는 12~2월에 아바멕틴 유제 또는 에마멕틴벤조에이트 유제를 나무 주사하거나 4~5월에 포스티아제이트 액제를 토양 관주한다. 소나무 재선충병은 발생하면 치료할 수 있는 방법이 없기 때문에 예방이 중요하다. 소나무 재선충병을 예방하기 위해서는 나무주사와 약제를 살포하는 방법이 있다. 나무주사의 경우 1~3월에 소나무 잎의 상태를 관찰하여 건강한 나무를 대상으로 감염우려 지역에서 진행이 되고, 방제는 지상과 항공에서 실시가 되는 예방법으로 동력분무기, 방제차량 및 항공기 등을 이용하여 소나무의 잎과 줄기에 골고루 살포하는 방법이 있다. 1988년 첫 발생 이후 지난 30년간 방제작업에도 불구하고 소나무재선충병은 지속적으로 확산되고 있어 철저한 모니터링과 방제 방법이 중요하다. 본 연구는 소나무재선충병 방제 방법 중의 하나인 훈증더

미의 사후관리를 위한 시스템 개발 및 이를 기반으로 실외 현장 시험을 통한 지속적인 모니터링으로 시스템의 안정화 및 소나무재선충병 피해목 재발생 유무의 탐색에 있다.

## Ⅱ. 재료 및 방법

### 1. 공간적 범위

소나무재선충병 훈증더미 관리시스템 개발을 위하여 현장 실험 장소는 진주시 및 사천시, 하동군 등 소나무재선충병 피해지 일원으로 선정하였으며, 현장에서 발생 가능한 상황을 자료 수집하여 관리시스템에 적용하였다.



그림 1. 소나무재선충병 훈증더미 모습

### 2. 내용적 범위

#### ① 시스템 개발 및 현장 시연

산림분야에 IOT 기술을 접목한 ‘조도센서 및 GPS를 이용한 소나무재선충병 훈증더미 관리방법 및 시스템’에 관하여 특허등록(출원번호 : 10-2017-01076365, 제11회 대한민국 우수특허 대상 수상) 하였으며, 이는 친환경방제물질 및 IT 기술 개발에 주력하고 있는 (주)BNS와 공동 노력한 아이디어의 결과물로서, 주요내용은 소나무재선충병 감염목 벌목 후 자연적 혹은 인위적 원인으로 타포린 훈증더미 훼손됨에 따라 소나무재선충병 확산이 일부 이루어졌을 거라는 의문에 대하여, 앞으로는 훈증더미에 조도센서 및 모션센서를 부착하여 사물인터넷(IOT) 기술을 접목함으로써 훼손 즉시 경고음 알림 등으로 효과적인 사후이력관리가 가능하다는 점이다. 이와 같은 선행 기술을 바탕으로 완성한 하드웨어 및 소프트웨어 기술을 적용하기 위하여 직원 및 공동 연구 관계자가 참석한 가운데 현장 시연회도 개최하였다.



그림 2. 2017 제11회 대한민국 우수특허 대상 인증로고

## ② 소나무재선충병 훈증더미 사후관리 시범사업 IoT 기반)

산림자원의 위치, 현황을 실시간 맞춤형으로 제공하고자 빅데이터를 활용 후 클라우드 (Cloud)로 연결하여 상호간 자료를 공유할 수 있는 기반 제공이 가능하다.

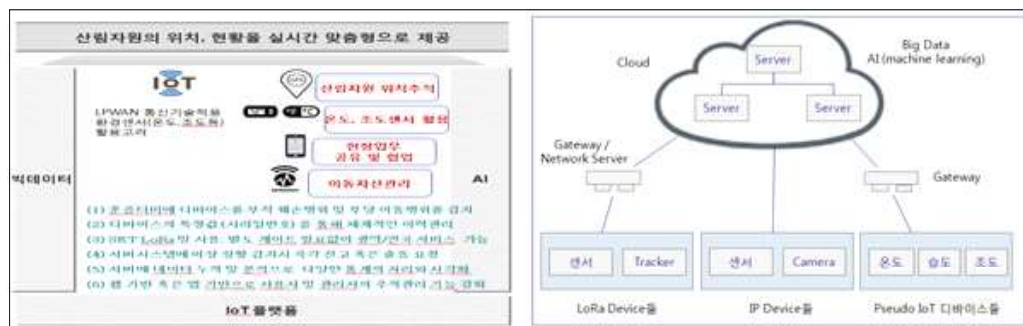


그림 3. IOT 플랫폼 기반(예시)

## 3. 연구 동향

가. 이채민 등(2015)은 우리나라의 소나무림에 만연되어 있는 소나무재선충에 대한 살 선충 및 증식억제 활성을 우리나라 산림토양으로부터 분리 한 방선균을 이용 하여 산림토양에서 분리 된 32개의 방선균 균주들 중 21개 균주의 2배 배양액에서 소나무재 선충에 대한 보정 사충률이 90% 이상 나타남을 밝혔다.

나. 박승찬 등(2014)은 저병원성 계통 선충의 사전접종이 고병원성 소나무재선충에 대 한 소나무의 저항성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 치수에 저병원성 소나무재선충을 선접종하였으며 그 결과, 선접종에 의하여 소나무재선충에대한 저항력이 유도되었고, 그 유도저항성은 1년 후까지 유지되었다는 것을 알 수 있었다.

다. 김동수 등(2008)은 소나무재선충을 매개하는 솔수염하늘소내 소나무재선충 보유율 을 조사하였으며 매개충 한 마리당 소나무재선충 보유수는 5,713마리(최대 24,533, 최소 13)였으며, 인위적으로 소나무재선충을 접종하여 이듬해 우화탈출하는 솔수염하늘소

(n=81)에서는 38.3%가 소나무재선충을 보유하고, 매개충 한 마리당 선충 보유수는 20,083마리(최대 128,700, 최소 56) 였다.

라. 이상명 등에 의하면 메탐소디움 25%액제, 인화늄 56%정제, bifenthrin 4%과립 혼연제, diazinon 3%입제, 양고추냉이 98%정유와 10%gas를 이용하여 소나무재선충병 매개충인 유충에 대한 살충활성과 메탐소디움 25% 액제의 혼증조건을 연구하였다.

마. 박일권 등에 따르면 메탐소디움 42%액제인 소일킹은 소나무 및 곰솔의 소나무재선충병 혼증방제약제로 농촌진흥청에 등록하였으며, 잣나무에 발생하는 소나무재선충병 혼증방제약제의 혼증조건 및 시기 등을 연구하였다.

바. 하만릉(2016)은 진주, 사천지역의 고사된 곰솔의 피해임지에서 소나무재선충과 유사선충의 비율을 조사한 결과 진주지역이 1년경과 후 소나무재선충 48%, 식물기생성선충 52%로 나타났으며, 사천지역은 1년경과 후 소나무재선충 53%, 식물기생성선충 47%로 나타났다.

사. 정호성(2015)은 소나무재선충병의 방제방법별 방제효과분석과 현행 방제시스템의 적합성을 검증하고 피해발생 증감원인과 문제점을 발굴하여 향후 보다 효율적인 방제개선택을 제시하기 위하여 현장 중심으로 남부지방의 소나무재선충병 발생지역에 대한 피해 및 방제현황을 파악하였다.

#### 4. 사후이력제 도입

산림청에서는 2017년도부터 달라지는 산림분야 주요제도에 대하여 발표하였는데, 그 중 중요한 것으로 ‘소나무재선충병 방제시 사후이력제도 도입’과 관련되는 것이다.

이는 소나무재선충병 방제를 위하여 설치한 혼증터미는 일련번호, 작업일, 작업자, 처리약품 등을 기록하고, 설치한 혼증터미는 그 즉시 GIS(Geographic Information System) 및 GPS(global positioning system)를 활용하여 좌표를 기재하여 관리하여야 한다는 내용이다.

그러나 이것은 인위적 또는 자연적인 훼손에 대하여 실시간으로 관리하는 것이 아니라, 혼증터미의 개수, 위치, 작업자 등을 기록하는 것이다. 만약 인위적인 훼손으로 인하여 일어날 수 있는 개연성 즉 매개충의 탈출 등의 문제가 일어날 경우 소나무재선충병 혼증터미 훼손에 대한 즉각적인 응대가 되지 않는다는 것이다. 이런 문제점을 보완하기 위하여 본 연구가 수행된 가장 큰 이유이다. 구체적으로는 소나무재선충병 혼증터미가 인위적으로 훼손된 경우, 예를 들면, 주민에 의하여 땔감용으로 가져가기 위하여 타포린을 훼손한 경우 또는 바람이나 동물에 의하여 자연적으로 훼손된 경우, 혼증터미 내부 센서 특히 조도센서 및 동작센서가 작동함으로서 즉시 알려주어, 산림병해충 예찰방제단이 휴대하고 있는 장치에 즉시 알림 기능이 작동되어 현장에 대응할 수 있는 기반을 조성한다는 것이다.

2017년 하반기부터 달라지는 산림분야 주요제도			
☑ 소나무재선충병 중증D와 사후이력제도 도입	산림	<ul style="list-style-type: none"> <li>소나무재선충병 방제시 중증D와 사후이력제도 도입</li> <li>방관원호, 작업일, 작업자, 처리약품 등의 기록-관리가 의무화</li> <li>중증처리 방제를 실시하는 경우 지역방제대책본부장이 중입방제대책본부장에게 결과보고 의무화</li> </ul> <p>⇒&lt;참고&gt; 국가방관정보센터&gt;소나무재선충병 방제특별법</p>	소나무재선충병 방제특별법 (17.9.22) 산림청 산림병해충 방제과 (042-401-4070)

**소나무재선충병 방제특별법**  
[사법 2017.9.22.] [법률 제14858호, 2017.5.21. 일부개정]

**【제정·개정이유】**  
 [일부개정]  
 > 개정이유 및 주요내용  
 방제된 감염목 등을 통한 처리방식으로 방제하는 경우 작업이 완료되면 방관원호, 작업일, 작업자, 처리약품 등을 기록·관리하고, 지역방제대책본부장이 중입방제대책본부장에게 그 결과를 보고하도록 하여 사후관리를 강화하고 방제의 실효성을 극대화하려는 것임.  
 <법제처 제공>

그림 4. 사후이력제 도입

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 감염 의심목 진단 절차

① 산림에서 소나무가 고사되거나 일부 고사 진행 중인 경우 산림병해충예찰조사팀이 현장에서 시료를 채취하고 그 감염의심목에 대한 전자로 표찰하여 이력을 기재하여야 한다.



그림 5. 감염의심목의 시료채취 후 GPS 전자 표찰 표시

② 현장에서 이력 기재 후 채취한 시료는 산림환경연구원에서 잘게 조제한 후 깔대기 분리법 등의 방법으로 선충을 분리한다. 24시간이 지난 후 분리된 선충을 현미경으로 자세히 검경하여 일반 선충인지 소나무재선충인지 여부를 판단한다.



그림 6. 시료 조제 후 현미경 검경

③ 현미경 검경 후 소나무재선충으로 확진 판정시 시·군에 통보하여 방제 실시하고 그 인근 6km 범위는 소나무류 반출금지구역으로 지정하여 운영한다.





그림 7. 시·군 감염 통보 및 이동 단속 실시

## 2. 소나무재선충병 훈증더미 관리시스템의 구성

① 소나무재선충병 훈증더미 관리시스템의 단말기는 LoRa 망을 이용하는 것으로 구성되었으며 배터리 일체형으로 만들었다. 크기는 45\*40mm 이며 외부 인터페이스를 제공한다. 주파수는 920.3~923.3MHz 이고 데이터 전송속도는 0.3~150kbps 이다. 인위적 또는 자연적인 훼손에 따른 방지를 위하여 내부에 빛을 인지할 수 있도록 조도센서를 부착하였고, 덮개 활용 등 타용도 목적 이용 방지를 위하여 움직임에 대한 센서 즉 모션 센서를 설치하여 훼손에 대비하였다.

② Gateway는 방수 구조(IP67)이며, 크기는 211\*201\*67mm이다. 전원은 AC220V 이고 주파수는 920.3~923.3MHz이다. 이더넷 포트 GE/FE Ports 로 구성되었으며 LTE Router 내장(옵션) 가능하다.

③ Network Server는 LoRa WAN을 지원하며 위젯 및 대시보드 기능이 가능하다. 또한 데이터 저장 및 데이터 보안관리도 가능하며, 디바이스 관리에도 능률적으로 적용할 수 있다. 최근에 이슈화 되고 있는 플랫폼 기능 즉 개인 및 그룹간의 사용자 상호 정보를 활용할 수도 있다.



그림 8. 단말기, Gateway 및 네트워크 서버 모습



그림 9. 소나무재선충병 훈증더미 관리시스템 운용 모습

### 3. 소나무재선충병 훈증터미 관리시스템 소프트웨어 운영

개발한 소나무재선충병 훈증터미 관리시스템의 실제 프로그램 운영 모습은 아래와 같다. 로그인 화면, 2D 및 3D 관리레이블, 단말기 및 시스템 체크, 상황 발생시 알림 기능, 현장 조치 후 관리 방법 등 적용 가능하다.

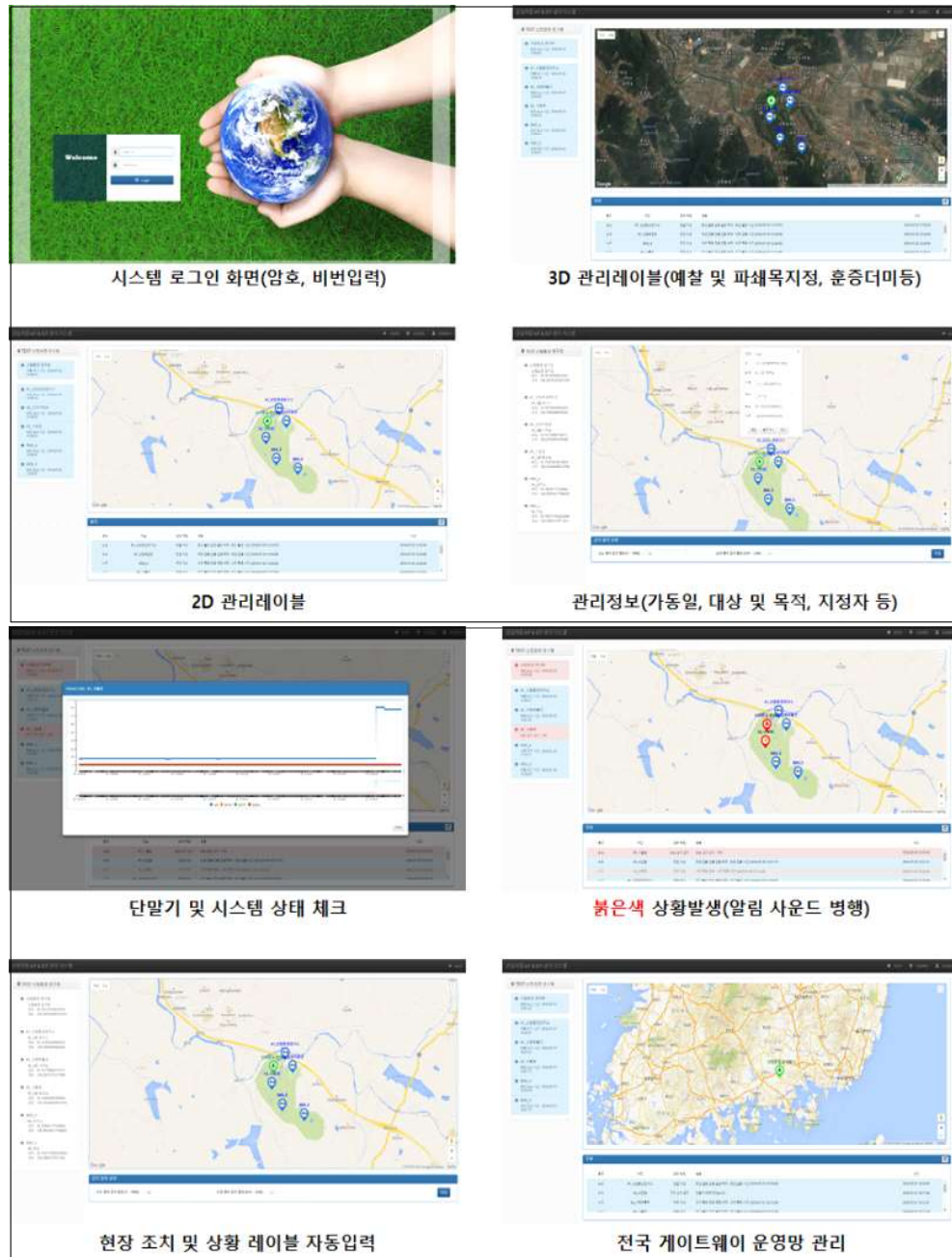


그림 10. 소나무재선충병 훈증터미 관리시스템 프로그램 운영 모습

#### 4. 소나무재선충병 훈증터미 관리시스템 하드웨어 실제 운영

소나무재선충병 훈증터미 관리시스템을 실제로 현장에서 운영하기 위하여 훈증터미가 있는 곳에서 적용 시험을 실시하였다. 설치장소는 경남 진주시 명석면의 아파트 옥상(높이 35m)에 Gateway를 설치하였고, 단말기는 그로부터 약 3km 떨어진 곳에 설치하였다. 인위적으로 훼손을 하였더니 붉은색 알람 및 소리의 알람이 동시에 이루어져 산림병해충 방제예찰단이 현장에 훼손 여부를 확인할 수 있도록 즉시 응대할 수 있는 기반이 조성되었으며, 바로 적용할 수 있는 관리시스템임을 확인하였다.



그림 11. 소나무재선충병 훈증터미 관리시스템 실제 현장 운용 모습

## IV. 향후계획

개발된 소나무재선충병 훈증터미 관리시스템은 위에서 서술한 바와 같이 즉시 실시간으로 현장에 대응할 수 있는 시스템이므로 훈증터미 훼손여부에 대한 관리뿐만 아니라, 아래와 같이 산림분야의 다양한 분야에도 적용이 가능하다. 전국망을 활용한다면 소나무류의 조정수 이동을 위해서는 소나무재선충병 미감염확인증을 발급받아 확인증을 휴대하여 검문소에 제시하여야 하는데, 이는 번거롭고 분실할 우려가 있다. 만약 설치된 전국적인 망을 활용하여 RFID 생체 인식기를 이용하면 종이를 대체(Paperless)할 수 있고, 또한 보호수 및 가로수의 관리에도 다양하게 활용이 가능하다. 예를 들면 가로수의 경우 위에서 언급한 RFID 생체 인식기를 이용하면 시비 및 전정 시기, 고사여부 등 관리적인 면에서 입체적으로 알 수 있고 인사이동 등 외적인 부분에서의 공백으로 인하여 발생할 문제는 적을 것으로 본다.



[illegible]