충남 소나무재선충병 청정지역 확대 방안

2023. 12.

충청남도의회

제 출 문

충청남도의회 의장 귀하

본 보고서를 “충남 소나무재선충병 청정지역 확대 방안” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

제출일시 : 2023년 12월 04일

과제수행 참여연구원

과 제 명	연 구 책 임 자		연구수행참여자	
	소속기관	성 명	소속기관	성 명
○ 충남 소나무재선충병 청정지역 확대 방안	공주대학교	어 수 형	공주대학교	고 나 영
			공주대학교	김 지 은

요 약 문

충남 소나무재선충병 청정지역 확대 방안

Ⅰ. 과업의 개요

■ 과업의 목적

- 충남 소나무재선충병 발생 현황 파악
- 국가 소나무재선충병 방제 계획하에 충남의 방제전략 기본 방향 제시
- 현장 방제 방법과 우선순위 제시 등 충남도 내 구체적인 방제전략 수립
- 충남 소나무재선충병 방제를 위한 정책 제언

■ 과업의 공간적, 내용적 범위

- 충청남도 15개 시·군
- 소나무재선충병 예찰·방제 추진 전략 제시

■ 과업의 기대효과

- 산림병해충의 과학적 방제로 산림생태계 건강성 유지
- 광역의회 최초 소나무재선충병 방제 계획 확보

■ 과업의 기간

- 2023. 6. 8. ~ 2023. 12. 4.

■ 세부 과업 내용

- 소나무재선충병 발생 현황
- 방제전략 방향
- 방제전략 수립
- 정책 제언

Ⅱ. 소나무재선충병의 특징

■ 소나무재선충병의 기주, 병원체 및 매개충

- 소나무재선충병(pine wilt disease)은 병원체인 소나무재선충(pine wood nematode)이 매개충인 솔수염하늘소와 북방수염하늘소에 의해 전파되어 소나무, 곰솔, 잣나무, 섬잣나무 등에 피해를 주는 수목 병임.

■ 국내외 소나무재선충병 발생 현황

- 소나무재선충의 원산지는 북미대륙이지만 이 지역 소나무류는 대부분 소나무재선충에 저

항성을 나타내어 큰 문제가 되지 않으며, 주로 극동아시아권과 남부유럽의 피해가 심각함.

- 일본에서는 1905년 최초 발생했으며, 중국 1982년, 대만 1985년, 포르투갈 1999년, 스페인 2008년 최초 발생 보고됨.

- 한국에서는 1988년에 부산 금정산에서 최초 감염 소나무 발견됨.

- 2007년 1차 대발생으로 약 137만 그루의 피해목이 발생했고 2014년 2차 대발생으로 약 218만 그루의 피해목이 발생 후 7년간 감소 추세였으나, 2022년 38만 그루가 감염되어 다시 증가세로 전환됨.

Ⅲ. 소나무재선충병의 방제 기본 방향

■ 국가 차원의 예찰 및 방제 계획

- 『제6차 산림기본계획(2018년~2037년)』, 『제2차(2021~2030) 산림병해충 예찰·방제 계획』, 『소나무재선충병 방제특별법』, 『소나무재선충병 방제지침』 등을 통해 소나무재선충병의 예찰 및 방제를 계획하고 있음.

- 방제지침에 예찰, 신고, 진단 체계, 방제(약제 살포 및 예방나무주사 등의 예방사업과 피해고사목 벌채) 사업 등이 잘 정리되어 있음.

■ 방제 관련 최신 연구 동향

- 소나무재선충병의 성공적 방제를 위해 지난 수십 년간 다양한 연구가 국내·외에서 진행되었으며, 최근에는 국외보다 국내에서 연구를 선도하고 있음.

- 국내에서는 소나무재선충병 예찰과 방제 관련하여 예찰 및 진단(예, 소나무재선충병 원격예찰 시스템 고도화 연구), 친환경 방제(예, 소나무재선충병 매개충의 우화 및 분포 예측 고도화, 식물 내생 미생물 유래물질 기반 살재선충제 개발), 진단(예, 소나무재선충병 맞춤형 진단 기술개발), 나무주사 및 드론·지상 방제(예, 나무주사 약종 선발 및 효과 제고 기술 개발), 피해목 방제 및 활용(예, 벌채산물 처리를 위한 훈증 방법 개선 연구, 단목벌채, 소구역 모두베기 및 모두베기 방제법 기준 정립 연구) 등의 연구가 활발히 진행되고 있음.

Ⅳ. 충청남도의 소나무재선충병 현황

■ 충청남도 산림 일반 현황

- 충남의 산림은 403,481ha이고, 산림 비율은 48.9%로 우리나라 국토 면적에 대한 산림 비율인 62.7%보다 낮음.

- 충남 시·군 중에서는 공주시의 산림이 59,885.7ha로 가장 넓으며, 그 뒤로 금산군, 보령시, 청양군, 부여군 순으로 산림이 넓음.

- 충남의 소나무와 곰솔 산림면적은 99,433ha이고 잣나무림은 5,602ha이며, 산림이 많은 경북, 강원, 경남, 전남보다 소나무, 곰솔, 잣나무림이 넓지 않음.

■ 충청남도 소나무재선충병 발생 현황 분석

- 충남에서는 2012년 보령시 청라면에서 소나무재선충병이 최초 발생한 이래, 2023년 7월까지 총 4,445본의 소나무재선충병 감염목 발생했음.
- 2023년 7월 기준, 충남 15개 시·군 중 계룡시를 제외한 14개 시·군에 소나무재선충병 발생했으며, 보령시, 태안군, 청양군에서 각각 누적 감염목 1,000본 이상으로 많이 발생하였음.
- 2015~2019년 전국의 소나무재선충병 감염목은 총 3,678,315본이며, 충남은 784본(0.02%)의 감염목이 발생하여 9개 도 중에서 충북을 제외하고 병 발생이 가장 적었음.
- 전국의 소나무재선충병 감염목 발생 수는 2014년 대발생 이후 점점 감소하는 경향이지만, 비록 절대적 감염목 수는 많지 않더라도 충남에서는 급격하게 증가하고 있음.
- 2022년 기준, 충남 내에서 소나무재선충병이 발생한 지역은 전체 15개 시·군 중 13개로 전체 87%(2023년 7월 기준, 계룡시를 제외한 14개 시·군에서 발생하여 전체 93%)이며, 재선충병 발생이 심각한 경북, 경남, 제주 등과 같이 병이 광범위하게 퍼져 있음.

■ 충청남도 소나무재선충병 대응 현황

- 충남에서는 『제2차(2021~2030) 지역 산림병해충 예찰·방제 계획』을 수립하고 그에 따라 지역 산림병해충 예찰·방제 대책 본부를 운영하고 있으며, 충남 산림자원연구소에서 소나무재선충병 방제 관련 다양한 사업을 추진하고 있음.
- 충남의 소나무재선충병 예찰·방제 사업은 중부지방산림청과 충청남도 및 15개 시·군에서 협력하여 실시하고 있으며, 2022년 예찰·방제 실적 기준으로 보령시와 태안군 등 피해가 큰 시·군에서 예찰, 감염목/고사목 제거, 예방나무주사 등을 많이 실시함.
- 충남의 소나무재선충병 예찰·방제 사업비는 2022년 기준 총 101.2억 원을 사용하였으며, 보령시, 태안군 등 소나무재선충병 피해가 큰 시·군을 중심으로 관련 사업비가 많았고, 예방나무주사, 이동단속 초소 운영, 지상/드론/항공 방제, 감염목/고사목 제거, 예찰모니터링 사업 등에 많이 사용하였음.
- 효율적인 예찰·방제 사업을 위해서는 시·군별 정확한 실태 조사 및 분석뿐만 아니라 지자체의 관심 및 의지 역시 필요함.

Ⅴ. 충청남도의 방제 전략 및 정책 제언

■ 소나무재선충병 방제 전략

- “충남 소나무재선충병 청정지역 확대”라는 방제 목표를 설정하고, 피해 양상에 따라 집중적 피해, 산발적 피해, 연접지 피해로 피해 방제 구역을 구획한 후, 청정지역 확대라는 목표를 달성하기 위해 예찰·방제 사업을 추진할 것을 제안함.
- 충남에는 서해안 일대, 특히 보령시와 태안군의 피해가 심하며 이 지역을 중심으로 소나무재선충병이 확산할 우려가 크므로, 집중 방제를 통해 피해를 감소시키고 청정하게 만드는 데에 방제목표를 두어야 함.

• 집중적 피해 방제구역은 보령시와 태안군을 중심으로 구획됨.

- 산발적으로 피해가 집중된 청양군이나 피해가 상대적으로 적은 내륙권도 철저한 예찰과 적극적인 방제로 청정지역을 확대하는 데에 방제목표를 두어야 함.

• 산발적 피해 방제구역은 공주시, 청양군, 홍성군, 예산군, 부여군 등을 중심으로 구획됨.

- 대전, 세종, 경기, 충북, 전북과 가까운 시·군의 일부 지역은 해당 연접지로부터 소나무재선충병이 확산될 수 있으므로, 지자체 사이의 긴밀한 협조를 통해 예찰·방제 사업을 추진해야 함.

• 연접지 피해 방제구역은 경기도와 가까운 당진시와 아산시 권역, 세종시 및 충북과 맞닿은 천안시와 공주시 권역, 전북과 인접한 서천군 권역 등을 중심으로 구획됨.

- 각 시·군의 집중적 피해 방제구역에서는 연속적 피해가 나타나는 곳의 모든 고사목 벌채를 제안하고, 감염목 발생으로 선단지로 구획된 지역에서는 감염목과 피해고사목의 소구역모두베기 실행 및 합제나무주사 실행을 제안하며, 선단지 외 지역에 고사목이 단목 형태로 나타나는 곳은 검경 실행 후 감염목이 나타나면 선단지를 조정하고 소구역모두베기 및 합제나무주사 실행을 제안하고 감염목이 나타나지 않을 때에는 검경 실행 고사목만 단목 방제 실행을 제안함.

- 각 시·군의 산발적 피해 방제구역에서는 고사목 발견 시 검경을 실행하고, 감염목이 나타나면 소구역모두베기 및 합제나무주사 실행, 감염목이 나타나지 않으면 검경 실행 고사목만 단목 방제 및 예방나무주사 실행을 제안함.

- 각 시·군의 연접지 피해 방제구역에서는 인위적 추가 확산을 막기 위해, 철저한 예찰과 함께 소나무이동단속초소 설치 및 운영 등을 제안함.

■ 효율적 방제를 위한 정책 제언

- 중장기 예찰·방제를 위한 설계, 지자체 주도의 협력 기반 방제, 사전 예방에 중점을 둔 예찰·방제 강화, 예찰·방제단의 현실적 운영 및 교육, 예찰 분석 시스템 실용화, 피해고사목 및 미이용 고사목 활용 지원, 그 외 소나무재선충병의 심각성과 방제의 중요성에 대한 홍보 및 교육과 소나무재선충병 연구 기능 강화 등의 정책을 통해 충남의 소나무재선충병을 효율적으로 방제하고 청정지역을 확대해 나가야 함.

목 차

제 출 문 ····· i
요 약 문 ····· iii

Ⅰ. 과업의 개요 ····· 1
1. 배경과 필요성 ····· 3
2. 목적과 범위 ····· 4
3. 세부 과업 내용 ····· 5

Ⅱ. 소나무재선충병의 특징 ····· 7
1. 소나무재선충병 및 매개충의 특징 ····· 8
2. 국내외 소나무재선충병 발생 현황 ····· 18

Ⅲ. 소나무재선충병의 방제 기본 방향 ····· 25
1. 국가 차원의 예찰 및 방제 계획 ····· 27
2. 방제 관련 최신 연구 동향 ····· 40

Ⅳ. 충청남도의 소나무재선충병 현황 ····· 53
1. 충청남도 소나무재선충병 발생 현황 ····· 55
2. 충청남도 소나무재선충병 대응 현황 ····· 64

Ⅴ. 충청남도의 방제 전략 및 정책 제언 ····· 73
1. 소나무재선충병 방제 전략 ····· 75
2. 효율적 방제를 위한 정책 제언 ····· 81

Ⅵ. 참고문헌 ····· 87

표 목 차

표 1 소나무재선충병 매개충의 생태적 특징 ····15
표 2 소나무재선충병 피해 등급 구분 (2020년 12월 기준) ····29
표 3 소나무재선충병의 중앙 및 지역 방제 조직 ····33
표 4 관할지역에 따른 소나무재선충병지역방제대책본부 ····34
표 5 소나무림 보호지역 별 예방나무주사 우선순위 ····39
표 6 소나무재선충병 예찰 방법별 특징 비교 ····42
표 7 소나무재선충병 진단을 위한 현미경 검경과 RPA 진단 키트 방법 비교 ····45
표 8 충청남도 및 인근 권역의 산림면적 및 임목축적 현황 (2021년 기준) ····55
표 9 충청남도 시·군별 산림면적 (2021년 기준) ····56
표 10 우리나라 전국 시·도의 주요 침엽수종별 산림면적 (2020년 기준) ····57
표 11 충청남도 내 산림유전자원보호구역 현황 ····58
표 12 충청남도 내 국가산림문화자산 현황 ····58
표 13 충청남도 소나무재선충병 시·군별 감염목 수 ····63
표 14 2022년 기준 충청남도 소나무재선충병 시·군별 예찰·방제 실적 현황 (1) ····68
표 15 2022년 기준 충청남도 소나무재선충병 시·군별 예찰·방제 실적 현황 (2) ····69
표 16 2022년 기준 충청남도 소나무재선충병 시·군별 예찰·방제 사업비 현황 ····70
표 17 충청남도 소나무재선충병 사업별 예산 현황 (단위, 백만원) ····71

그 림 목 차

그림 1 소나무재선충병의 피해가 진행되는 과정 ····9
그림 2 소나무재선충병 발병 기작 ····10
그림 3 소나무재선충(Bursaphelenchus xylophilus)의 현미경 사진 ····11
그림 4 소나무재선충의 생활사 ····12
그림 5 소나무재선충의 생태 ····13
그림 6 솔수염하늘소(좌)와 북방수염하늘소(우) ····14
그림 7 소나무재선충병 매개충의 국내 분포 ····16
그림 8 소나무재선충병의 국외 발생 현황과 최초 발생 시기 ····18
그림 9 국내 소나무재선충병의 지역 확산 현황 ····20
그림 10 국내 소나무재선충병 연도별 피해 본 수 현황 ····21
그림 11 충청남도 소나무재선충병 감염목 수의 연도별 변화 ····22
그림 12 산림병해충 예찰·예방 강화 방법의 예 ····28
그림 13 소나무재선충병 피해 현황 구분도 (2020년 12월 기준) ····30
그림 14 소나무재선충병 예찰·신고 및 진단체계 ····35
그림 15 소나무재선충병 감염의심목의 신고 처리 절차 ····36
그림 16 소나무재선충병 신규 발생시 대응 체계 ····37
그림 17 소나무재선충병 방제 시행 체계 ····38
그림 18 소나무재선충병 지상 및 원격예찰 방법의 장·단점 분석 ····41
그림 19 위치기반 소나무재선충병 데이터 통합과 원계 예찰 시스템 개요 ····42
그림 20 소나무재선충병 매개충 우화 시기 예측 분석 사례 ····43
그림 21 소나무재선충병 매개충의 전국 분포 조사 고도화 과정 ····44
그림 22 유전자 등온 증폭을 통한 소나무재선충병 정밀 진단 방법 (RPA) ····45
그림 23 소나무류 내생 미생물 4종의 살재선충 효능 ····46
그림 24 소나무재선충병 감염목 벌채 후 훈증 처리 ····48
그림 25 소나무재선충병 감염목의 모두베기 및 소구역모두베기 작업장 예시 ····49
그림 26 소나무재선충병 감염목의 소구역모두베기 및 모두베기 방제 효과 분석 ····49
그림 27 소나무재선충병 감염목 소구역모두베기 작업 방법 ····50
그림 28 소나무재선충병 모두베기 작업 대상목 예시 ····51
그림 29 2015~2019년 소나무재선충병 감염목 수 비교 ····59

그림 30 소나무재선충병 감염목의 지자체별 발생 비율 ·····60
그림 31 전국 소나무류 반출금지구역 지정 현황(2022.11.29. 현재) ·····60
그림 32 전국과 충남의 소나무재선충병 감염목 연도별 발생 추이 비교 ·····61
그림 33 소나무재선충병 감염목 발견 기초지자체 수 비율(2022.11.29. 현재) ·····62
그림 34 충남 제2차(2021~2030) 지역 산림병해충 예찰·방제 계획 일부(23쪽) 발췌 ···65
그림 35 충남 2023년 지역 산림병해충 예찰·방제 대책본부 조직도 ·····66
그림 36 충청남도 소나무재선충병 방제 목표 및 추진 방안 ·····75
그림 37 충청남도 소나무재선충병 방제 전략도 ·····76

Chapter I

과업의 개요

1. 배경과 필요성
2. 목적과 범위
3. 세부 과업 내용

Ⅰ. 과업의 개요

1. 배경과 필요성

○ 산림의 공익적 가치는 총 221조 원으로 국내총생산(GDP)의 11.7%, 국민 1인당 연간 428만 원의 혜택이 제공됨(2018년 기준)

○ 소나무는 국내 어디에서나 볼 수 있고 국민들이 가장 좋아하는 나무로, 문화・역사・관광・휴양 자원으로서 가치가 매우 높음[1)]

○ 충청남도 태안군 안면도 등의 우량 소나무림은 지역을 대표하는 관광지로 발전하고 있으며, 많은 국민이 방문하고 지역발전에도 도움이 됨

○ 하지만 대형산불과 산림병해충의 빈번한 발생은 숲의 기능을 악화시키고 생물다양성을 감소시켜 생태계의 부정적 역할을 초래함

○ 특히, 1988년 부산에서 처음 보고된 소나무재선충병은 전국적으로 확산하고 있으며, 충청남도는 14개 시・군에서 소나무재선충병이 발생하여 피해가 증가함

○ 산림청은 소나무재선충병 방제특별법과 방제 지침, 그리고 산림병해충 예찰・방제 계획 등을 통해 신속한 예찰・방제를 추진하고 있음

○ 충청남도 내에서도 기후적 영향, 소나무류 이동 전국화 등으로 소나무재선충병 피해가 커지고 있어, 기후변화 등 달라진 여건을 반영하여 장기적 관점의 방제 방향과 실천 과제 마련 필요함

○ 충청남도 내 소나무재선충병 발생지역의 효과적인 방제를 위한 계획 수립과 소나무재선충병이 발생하지 않은 선단지에 대한 소나무재선충병 확산 저지를 위한 전략이 필요함

○ 안면도 소나무 등 중요 소나무림의 소나무재선충병 피해 확산 방지 및 보호를 위한 예방 나무주사 등 기본계획을 통한 체계적이고 구체적인 방제 전략이 필요함

[1)] 경향신문. 2022. 우리 국민이 좋아하는 나무 1위는 소나무. 2022년 8월 10일 기사

2. 목적과 범위

가. 과업의 목적

◯ 충남 소나무재선충병 발생 현황 파악

◯ 국가 소나무재선충병 방제 계획하에 충남의 방제전략 기본 방향 제시

◯ 현장 방제 방법과 우선순위 제시 등 충남도 내 구체적인 방제전략 수립

◯ 충남 소나무재선충병 방제를 위한 정책 제언

나. 과업의 범위

1) 공간적 범위

◯ 충청남도 15개 시·군

2) 내용적 범위

◯ 소나무재선충병 예찰·방제 추진 전략 제시

다. 과업의 기대효과

◯ 산림병해충의 과학적 방제로 산림생태계 건강성 유지

◯ 광역의회 최초 소나무재선충병 방제 계획 확보

라. 과업의 기간 및 방법

1) 과업 기간

◯ 2023. 6. 8. ~ 2023. 12. 4.

2) 과업 방법

◯ 주로 문헌 조사

3. 세부 과업 내용

가. 소나무재선충병 발생 현황

○ 소나무재선충병 및 매개충의 특징

○ 충청남도 소나무재선충병 발생 현황 자료 수집・분석

나. 방제전략 방향

○ 정부 차원의 예찰 및 방제 계획

○ 도 내 방제전략의 기본 방향 제시

다. 방제전략 수립

○ 최신 연구 동향 등 방제 기법 현황 파악

○ 예방 나무주사 대상지, 방제 방법과 우선순위 제시

라. 정책 제언

○ 예찰 분석 시스템 실용화 방안 등

○ 제도개선 요청 사업 발굴 등

Chapter

소나무재선충병의 특징

1. 소나무재선충병 및 매개충의 특징
2. 국내외 소나무재선충병 발생 현황

Ⅱ. 소나무재선충병의 특징

1. 소나무재선충병 및 매개충의 특징

가. 소나무재선충병

○ 소나무재선충병(pine wilt disease)은 병원체인 소나무재선충(pine wood nematode)이 매개충인 솔수염하늘소와 북방수염하늘소에 의해 전파되어 소나무, 곰솔, 잣나무, 섬잣나무 등에 피해를 주는 수목 병임

1) 피해 수종

○ 소나무, 곰솔, 잣나무, 섬잣나무

2) 피해 증상

○ 건강한 나무가 소나무재선충에 감염되면 수분과 양분의 이동이 차단되어 잎이 아래로 처지며 시들기 시작

그림 2 소나무재선충병의 피해가 진행되는 과정
(자료출처: 국립산림과학원. 2014. NEW 소나무재선충병의 생태와 방제)

○ 보통 감염 후 3주가 지나면 묵은 잎의 변색을 확인할 수 있고, 약 1개월이 지나면 잎 전체가 붉게 시들고 고사가 시작됨

○ 감염이 9월 이후로 늦어지면 병징이 늦게 나타나 이듬해 고사하기도 하며, 가지 일부만 죽는 경우도 있음

○ 기온이 높으면 소나무재선충이 다량 침입하여 병징이 빠르게 나타남

3) 발병기작

○ 소나무재선충에 의한 소나무류의 유세포 파괴설, 가도관 폐쇄에 의한 수분 이동 차단설, 과민반응에 의한 세포자살설 등이 있으나 명확한 발병기작은 아직 밝혀지지 않음

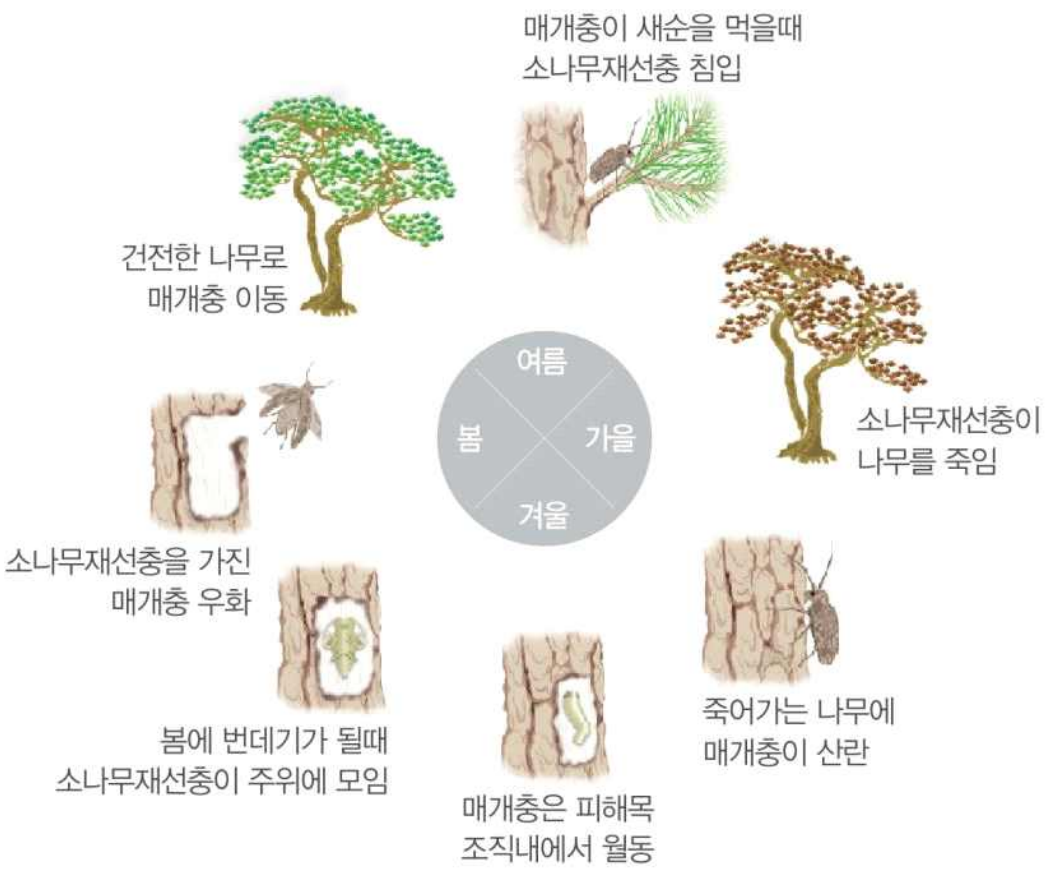


그림 3 소나무재선충병 발병 기작

(자료출처: 국립산림과학원. 2014. NEW 소나무재선충병의 생태와 방제)

○ 봄에 소나무재선충을 가진 매개충이 우화하여 건전한 나무로 이동

○ 여름에 매개충이 소나무류의 새순과 수피, 특히 피층과 체관부가 있는 내수피를 가해할 때, 소나무재선충이 나무 안으로 침입하여 수지구를 통해 이동하면서 주변의 상피세포와 형성층 등에 있는 유세포의 영양분을 섭취하여 피해를 줌. 또한 피해목은 가도관에 이상이 생겨 수분공급이 원활하지 않고 시들음 증상이 발생

○ 가을에 소나무재선충이 나무를 고사시키고 죽어가는 나무에 매개충 산란

○ 겨울에 매개충은 피해목 조직 내에서 월동

○ 봄에 매개충이 번데기가 될 때 소나무재선충이 주위에 모임

나. 병원체인 소나무재선충

○ 소나무재선충(*Bursaphelenchus xylophilus*)은 실처럼 가늘게 생긴 길이 약 1mm의 선형동물임

그림 4 소나무재선충(*Bursaphelenchus xylophilus*)의 현미경 사진
(자료출처: 산림청 홈페이지)

1) 형태

○ 암컷은 체장 약 0.8 ~ 1.2mm, 체장의 70~80% 뒤쪽에 음문이 있고, 음문 바깥쪽에 음순이 몸의 후부 쪽으로 길게 형성. 미부의 형태가 일반적으로 둥근 모양이지만, 끝이 뾰족하거나 짧은 돌기를 가진 것도 있는 등 변이가 다양함

○ 수컷은 체장 약 0.6 ~ 1.0mm, 활 또는 망치처럼 휘어진 모양의 생식기인 교접자가 있고, 교접자 끝에는 작은 원판 모양의 돌출물이 있음. 미부는 복부 쪽으로 강하게 휘어져 뾰족하며, 미부 끝에는 반투명하고 짧은 교접낭이 있음

2) 생활사 및 생태

○ [알 → 유충 → 성충]의 생활사로, 4회의 유충기와 4회의 탈피를 거쳐 암·수 성충으로 성장하며, 생물학적 1세대는 약 3~5일

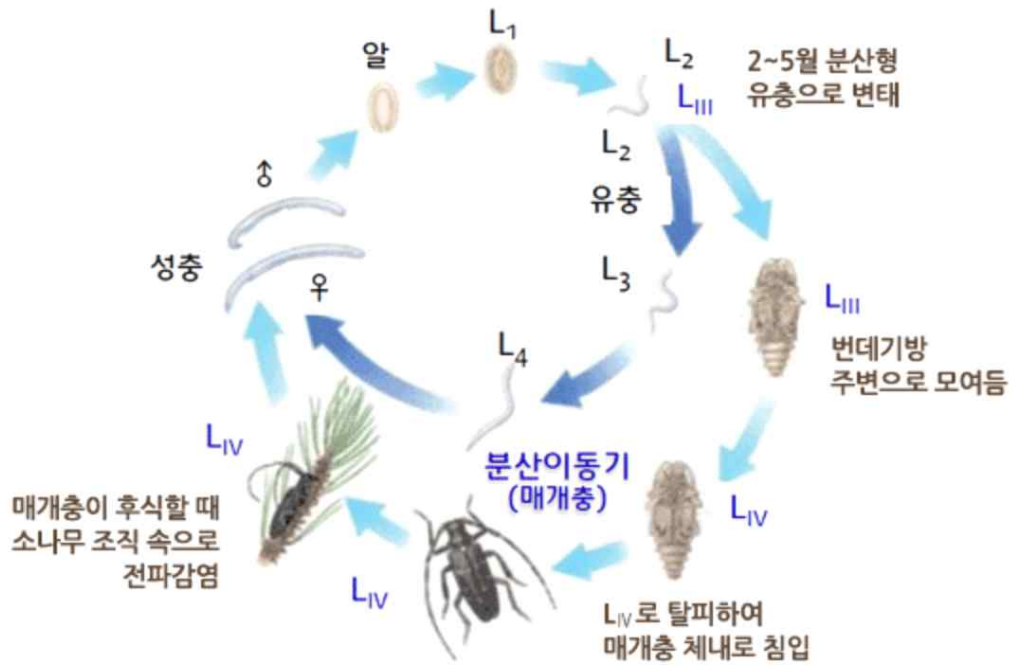


그림 5 소나무재선충의 생활사
(자료출처: 한국임업진흥원 홈페이지)

○ 소나무재선충의 생활사는 매개충인 솔수염하늘소 및 북방수염하늘소와 밀접하게 연관

○ 소나무재선충의 매개충이 소나무류 가지의 내수피를 갉아 먹을 때, 매개충에서 탈출한 소나무재선충(분산기 4기 유충)이 가지에 난 상처를 통하여 나무 체내로 침임

○ 소나무류 체내로 침입한 분산기 4기 유충은 바로 탈피하여 성충이 되고 교미하여 증식하며, 이때 부화한 소나무재선충 유충이 증식기 생활사를 거침

○ 소나무재선충은 밀도가 급격히 늘어나면 증식기 2기 유충 일부가 분산기 3기로 변하며, 이들은 매개충 유충이 만든 번데기 방으로 모임

○ 매개충 유충이 번데기 또는 성충이 되면 소나무재선충 분산기 3기 유충은 분산기 4기 유충으로 탈피하고 매개충 성충의 숨구멍(기문)에 올라탐

○ 매개충은 고사목에서 탈출하고 이동하여 다른 소나무류 가지의 수피를 갉아 먹고, 이때 소나무재선충이 매개충을 탈출하여 새로운 소나무류로 침입

○ 성충은 교미 후 약 100개 정도를 산란하며, 한 쌍의 소나무재선충이 20일 후 약 20만 마리로 증식

○ 소나무재선충은 고사한 나무에서는 곰팡이 균사를 주로 흡즙하고 건강한 나무에서는 식물세포를 주로 섭식함

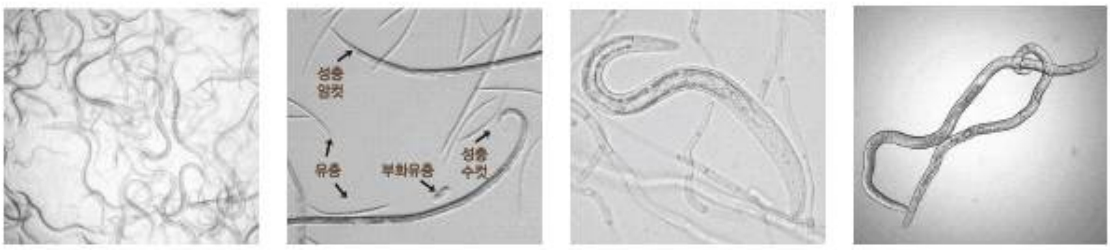


그림 6 소나무재선충의 생태
(자료출처: 한국임업진흥원 홈페이지)

다. 소나무재선충병 매개충

○ 국내에서 소나무재선충을 매개하는 곤충은 솔수염하늘소와 북방수염하늘소임

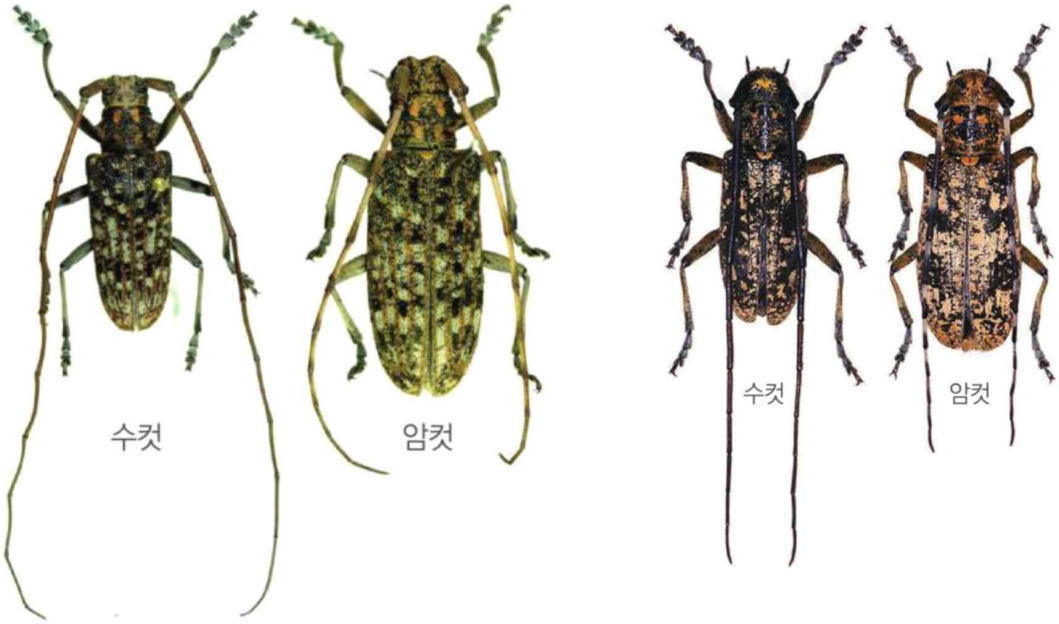


그림 7 솔수염하늘소(좌)와 북방수염하늘소(우)
(자료출처: 국립산림과학원. 2014. NEW 소나무재선충병의 생태와 방제)

1) 솔수염하늘소 (*Monochamus alternatus*)

(가) 분포 국가

○ 한국, 일본, 중국, 대만

(나) 형태

○ 성충은 체장 약 20 ~ 38mm, 적갈색의 체색, 날개에 백색・황갈색・암갈색의 작은 무늬가 불규칙하고, 촉각이 비교적 길어 수컷이 몸 길이의 2.5배, 암컷이 1.5배 정도임

○ 알은 방추형으로 장경 약 3.5mm

○ 노숙유충은 원통형으로 길이 약 40mm, 머리가 갈색이고 몸은 유백색

2) 북방수염하늘소 (*Monochamus saltuarius*)

(가) 분포 국가

○ 한국, 일본, 중국, 연해주

(나) 형태

○ 성충은 체장 약 11 ~ 20mm, 체색이 흑색 또는 흑갈색이고, 황갈색의 작은 털이 있으며, 황적색의 날개에 백색의 털로 이루어진 무늬가 있고, 촉각이 비교적 길어 수컷이 몸 길이의 2.5배, 암컷이 1.5배 정도임

○ 알은 황백색의 긴 타원형으로 장경 약 3.0mm, 단경 약 0.8mm 내외

○ 유충은 윗입술 등면에 센털이 드물게 나 있어 짧은 센털이 밀접하게 나 있는 솔수염하늘소 유충과 구분되며, 노숙 유충은 원통형으로 길이 약 20 ~ 30mm

3) 매개충의 생활사 및 생태

○ [알→유충→번데기→성충]의 생활사를 가지며, 1년 1세대임

표 1 소나무재선충병 매개충의 생태적 특징

매개충	솔수염하늘소	북방수염하늘소
우화시기	5 ~ 8월 (최성기 6월 하순)	4 ~ 7월 (최성기 5월 중순)
산란 특성 (직경 10cm, 길이 50cm 나무 기준)	낮은 밀도	높은 밀도
섭식 및 산란 선호성	잣나무보다 소나무 선호	소나무보다 잣나무 선호
국내 지역적 분포	주로 남부	중북부 솔수염하늘소보다 위도상 북쪽

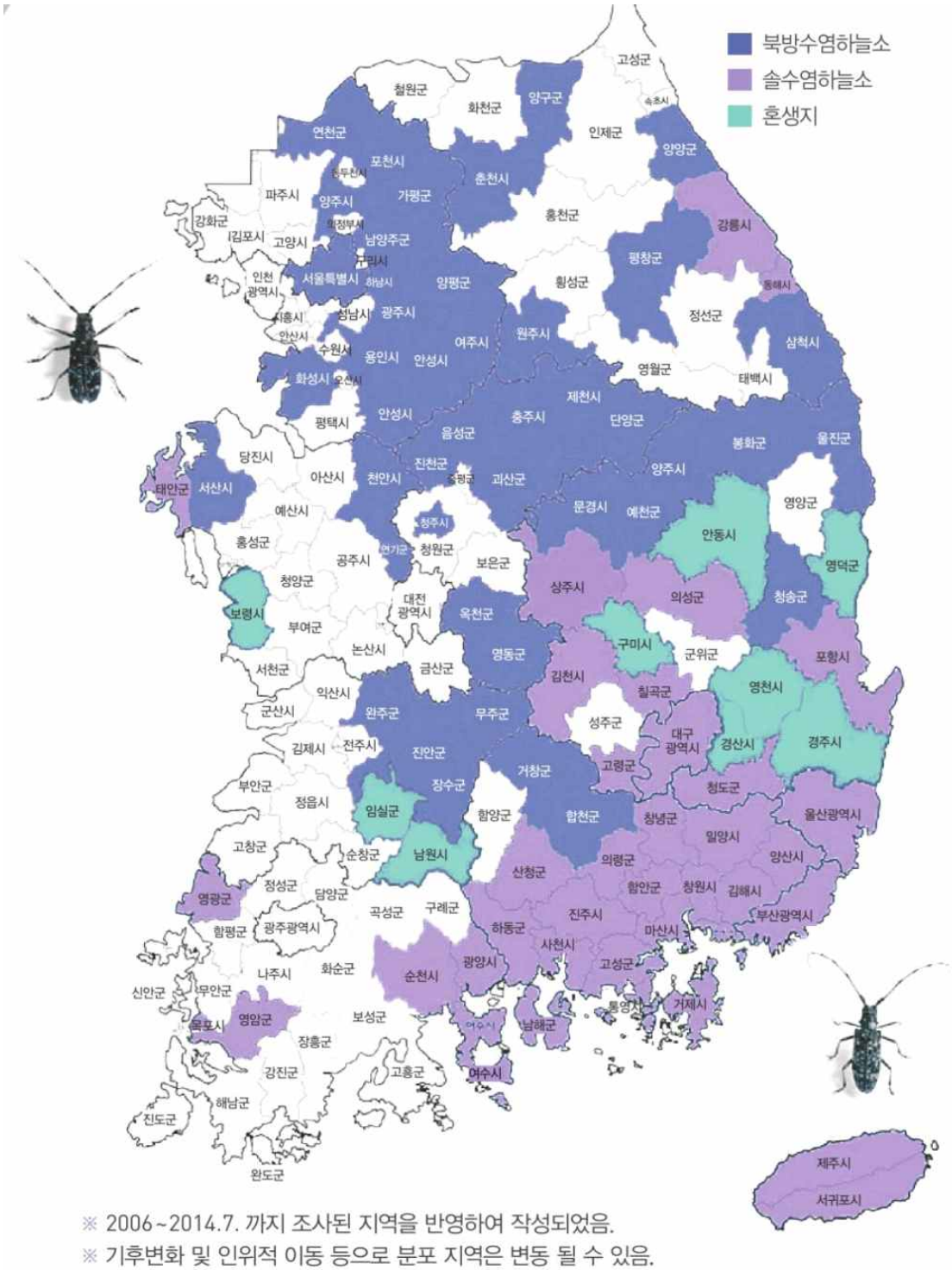


그림 8 소나무재선충병 매개충의 국내 분포

(자료출처: 국립산림과학원. 2014. NEW 소나무재선충병의 생태와 방제)

○ 유충 상태로 목질부 내에서 월동하고 이듬해 봄에 성충으로 우화

○ 새로 자란 가지의 수피를 갉아 먹음

○ 매개충 성충은 6 ~ 10월 소나무류에 산란

○ 유충은 알에서 약 7일 경과 후 부화하며, 형성층 부위를 섭식하며 성장

○ 성장한 유충은 수피로부터 목질 내부에 터널(대략 폭 1cm, 길이 3cm)을 만들며 가해하며, 이 때 가늘고 긴 나무찌꺼기가 생김

○ 유충은 겨울을 지나 이듬해 4 ~ 5월에 수피 및 1 ~ 2cm 부위의 목질부 내부 터널 끝부분에 번데기 방을 만듦

○ 이 시기에 목질 내부에서 증식하던 소나무재선충은 가까운 번데기 방으로 이동하여 번데기 체내로 들어감

○ 약 20일의 번데기 기간을 거쳐 성충이 되면, 번데기 방에서 약 1주일 가량 머물면서 목재 외부로 탈출할 준비를 한 후, 직경 5 ~ 8mm 가량의 원형 탈출공을 만들어 외부로 빠져나감

○ 소나무류 목질부로부터 탈출하는 시기는 4월 하순에서 8월 상순까지 약 3개월이며, 가장 많이 출현하는 시기는 5월 중순에서 6월 하순임

○ 성충은 피해목으로부터 체내에 수천에서 수십만 마리의 소나무재선충을 지니고 탈출하며, 건강한 소나무류의 새로 자란 가지로 이동하여 갉아 먹고 이 때 생긴 상처 부위를 통해 소나무재선충을 감염시킴

2. 국내외 소나무재선충병 발생 현황

가. 국외 발생 현황[2)]

○ 소나무재선충의 원산지는 북미대륙이지만, 이 지역의 소나무류는 대부분 소나무재선충에 저항성을 나타내어 큰 문제가 되지 않음

○ 주로 극동아시아권과 남부유럽의 피해가 심각

그림 9 소나무재선충병의 국외 발생 현황과 최초 발생 시기

1) 일본

○ 1905년 큐슈 나가사키현에서 최초 발생

○ 북해도를 제외한 46개 현에서 발생

○ 소나무와 곰솔 등이 주요 피해 수종

○ 현재까지 약 100년간의 피해목 재적은 약 6,000만㎥

2) 국외 국가별 병 발생 상황은 국립산림과학원 내부 자료를 바탕으로 재작성함

2) 미국

○ 1934년 소나무재선충 최초 발견

○ 이 지역의 소나무류는 대부분 소나무재선충에 저항성

3) 중국

○ 1982년 남경에서 최초 발생

○ 동남부 중심으로 718현에서 발생

○ 곰솔, 마미송 등 10개 수종이 주요 피해 수종

○ 현재까지 약 40년간 피해목 약 10억 그루, 85.5ha

4) 대만

○ 1985년 최초 발생하여 특히 유구송에 피해 극심

○ 일부 소나무 임지 차나무로 수종 갱신

5) 캐나다

○ 1985년 온타리오주에서 최초 보고되었으나 큰 문제가 되지 않음

6) 멕시코

○ 1983년 최초 보고되었으나 큰 문제가 되지 않음

7) 포르투갈

○ 1999년 서부 Setubal에서 최초 발생

○ *Pinus pinaster* 등에 피해 심각하고 지속적 확산 중

○ 현재까지 1,800만 그루 벌채

8) 스페인

○ 2008년 Sierrade Dios Padre지역에서 최초 발생

○ *Pinus pinaster* 등에 피해 심각

○ 포르투갈 국경 연접 6개 지역에서 확산 중

나. 국내 발생 현황

○ 1988년 부산 금정산에서 최초로 소나무재선충병 감염 소나무 발견

○ 1997~1999년 전남 구례와 경남 함안, 진주, 통영에서 발생

○ 2000~2005년 경남 양산 등, 울산, 전남 목포 등, 경북 구미 등, 제주, 대구, 강원 강릉 등에서 발생

○ 2006~2010년 경기, 충북, 전북 등에서 발생

○ 2011 이후 충남, 서울, 광주, 세종 등 발생[3)]

○ 기존에는 솔수염하늘소가 소나무재선충병의 유일한 매개충이었으나, 경기도 광주의 잣나무에서도 2006년에 소나무재선충병이 최초 발생하였으며 이 때 북방수염하늘소가 새로운 매개충으로 밝혀짐

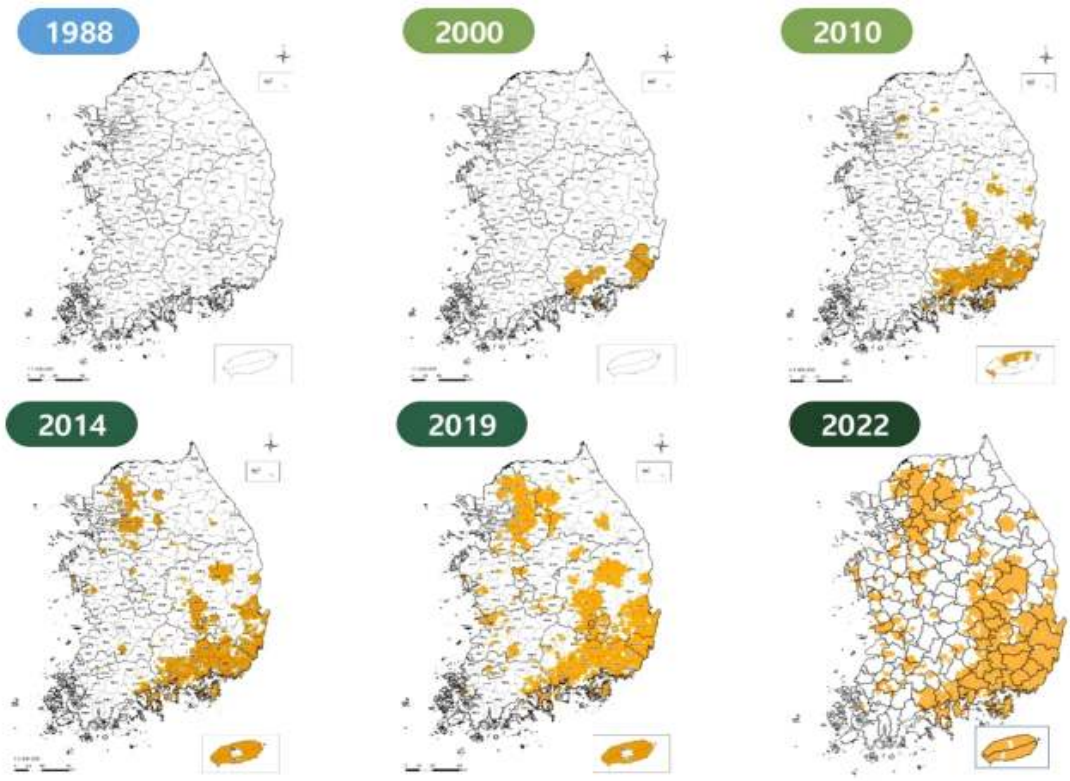


그림 10 국내 소나무재선충병의 지역 확산 현황

3) 한국농촌경제연구원. 2018. 기후변화에 따른 산림병해충 영향과 대응 과제

○ 2007년 1차 대발생으로 약 137만 그루의 피해목이 발생

○ 1차 대발생 이후 적극적인 방제 추진으로 감소 추세로 전환

○ 2014년 2차 대발생으로 약 218만 그루의 피해목이 발생

○ 2차 대발생은 고온현상 및 가뭄 등의 기후적 요인과 고사목 존치, 피해목 무단이동 등 인위적 요인의 결합에 의한 것으로 분석됨

○ 2021년 31만 그루가 감염되어 2014년 2차 대발생 이후 7년간 감소 추세

○ 2022년 38만 그루가 감염되어 다시 증가세로 전환

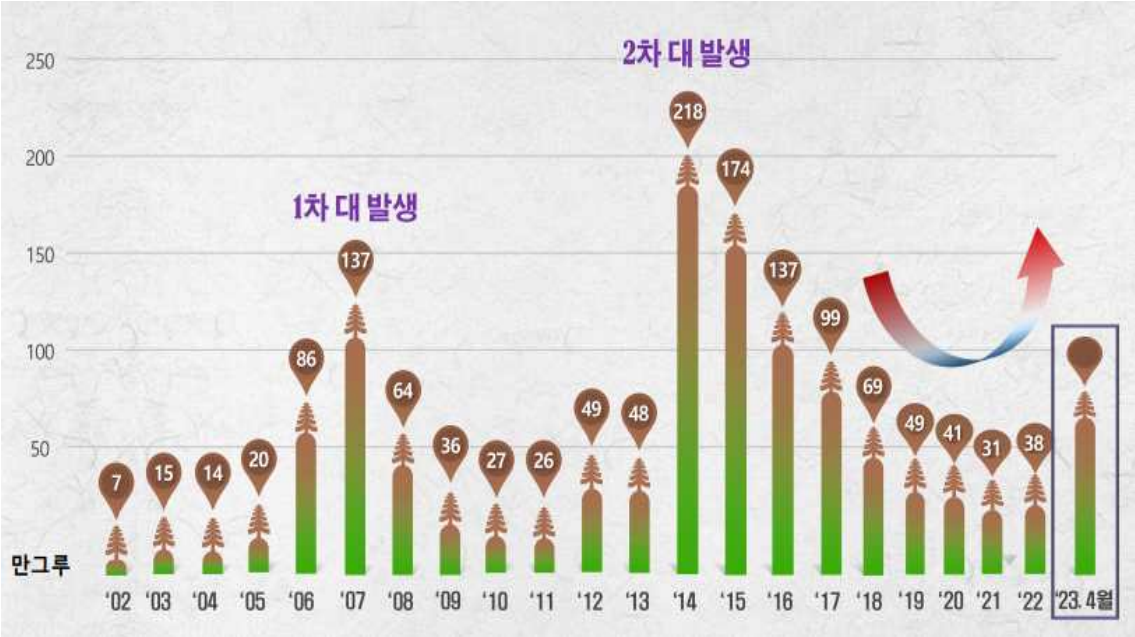


그림 11 국내 소나무재선충병 연도별 피해 본 수 현황

다. 충청남도 발생 현황[4)]

○ 2012년 2월 보령시 청라면에서 소나무재선충병 충남도 최초 발생

○ 2014년 6월 태안군에서 발생

4) 충남산림자원연구소의 2023년 내부 자료를 바탕으로 재작성함

◯ 2015년 3월 서천군, 4월 천안시, 10월 논산시에서 발생

◯ 2016년 2월 금산군에서 발생

◯ 2017년 3월 부여군, 4월 홍성군, 7월 청양군에서 발생

◯ 2018년 3월 예산군에서 발생

◯ 2020년 3월 서산시, 10월 공주시에서 발생

◯ 2022년 11월 아산시, 12월 당진시에서 발생

◯ 인근 세종특별자치시는 2016년 1월 최초 발생

◯ 인근 대전광역시는 2018년 4월 최초 발생

◯ 태안군은 2018년 6월 청정지역으로 회복 후, 2019년 3월 재발생

◯ 홍성군은 2019년 6월 청정지역으로 회복 후, 2020년 5월 재발생

◯ 2023년 7월 현재까지 총 4,400본 이상 감염

◯ 전국적으로 2014년 이후 감염목 수가 감소하고 있으나, 충남은 2019년 이후 계속 증가 추세에 있음

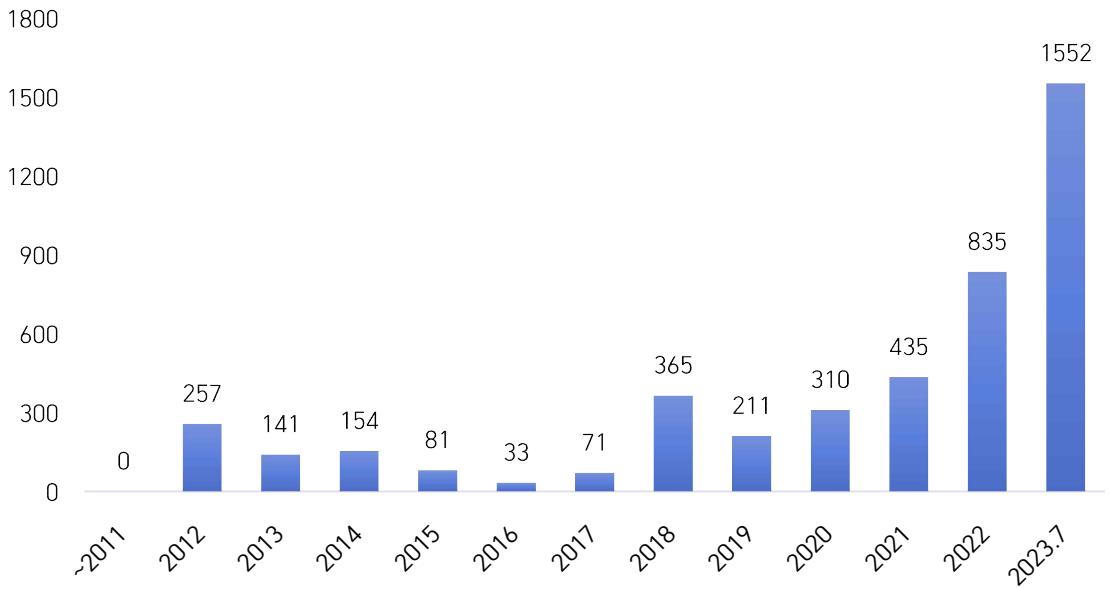


그림 12 충청남도 소나무재선충병 감염목 수의 연도별 변화
(자료출처: 충남산림자원연구소 내부 자료)

◯ 2023년 7월 현재, 15개 시·군 중 계룡시를 제외한 14개 시·군에서 발생

◯ 보령시, 태안군, 청양군에서 각각 누적 감염목 1,000본 이상으로 가장 많이 발생

◯ 특히, 2023년에는 태안군에서 가장 많이 발생

Chapter

Ⅲ 소나무재선충병의 방제 기본 방향

1. 국가 차원의 예찰 및 방제 계획
2. 방제 관련 최신 연구 동향

Ⅲ. 소나무재선충병의 방제 기본 방향

1. 국가 차원의 예찰 및 방제 계획

○ 『제6차 산림기본계획(2018년~2037년)』

○ 『제2차(2021~2030) 산림병해충 예찰·방제 계획』

○ 『소나무재선충병 방제특별법』

○ 『소나무재선충병 방제지침』

가. 『제6차 산림기본계획(2018년~2037년)』

○ 산림청의 『제6차 산림기본계획(2018년~2037년)』에는 8대 전략에 '산림재해 예방과 대응으로 국민안전 실현'을 포함하였고 이의 실현을 위해 '선제적 산림병해충 예찰 및 방제'를 주요 과제로 제시함

○ 이 주요 과제의 첫 번째 추진 방안으로 '2032년까지 소나무재선충병 청정지역 전환'을 제시함

○ 이 추진 방안을 달성하기 위한 첫 번째 세부 계획은 '소나무재선충병 피해고사목 전량·고품질 방제'임

- 매개충 우화기 이전까지 감염목 전량 방제, 방제사업장 중복감시체계 도입
- 매개충 살충효과가 인정된 나무주사 및 지상방제 확대
- 소나무류 이동 통제 및 과학적 예찰체계 구축

○ 두 번째 세부 계획은 '국가의 방제 역할·기능 강화 및 기관간 협업 방제 강화'임

- 국가 직접 방제 확대, 산림병해충 모니터링센터 확대개편
- 군사·문화재보호구역·국립공원 등은 부처 공동 예찰·방제 실시

○ 세 번째 세부 계획은 '예찰·방제기술 개발 및 국제공조'임

- ICT 기반 예찰 및 감염목 탐지 기술 및 BT 기반 친환경 방제제 개발

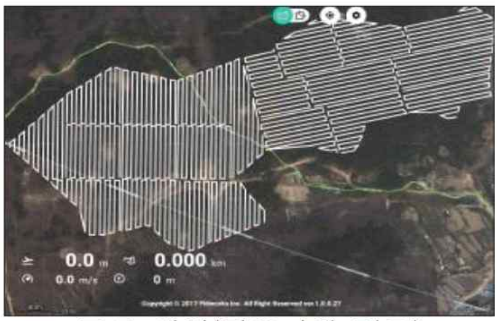
나. 『제2차(2021~2030) 산림병해충 예찰·방제 계획』

○ 산림청의 『제2차(2021~2030) 산림병해충 예찰·방제 계획』은 '산림병해충 피해 최소화로 산림생태계 건강성 증진'을 비전으로 제시함

○ 이 비전의 실현을 위해 '소나무재선충병 10만본 이하로 관리'를 첫 번째 목표로 제시함

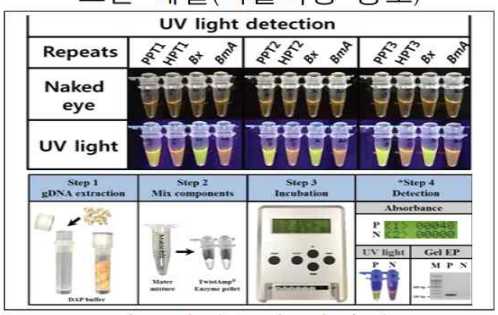
○ 4대 전략 및 12대 중점 과제를 제시함

○ 첫 번째 전략과제로 '산림병해충 예찰·예방의 강화'를 제시하였으며, 이전략의 중점 과제로 '예찰 및 관리의 스마트화', '예측·예보 시스템 강화', '임업적 방제 및 예방조치 강화'를 제시함



드론 예찰(자율비행 경로)

고사목 이력관리 표출화면(App)



소나무재선충병 진단키트

전자예찰함 설치

그림 13 산림병해충 예찰·예방 강화 방법의 예

(자료출처: 산림청. 2021. 제2차(2021~2030) 산림병해충 예찰·방제 계획)

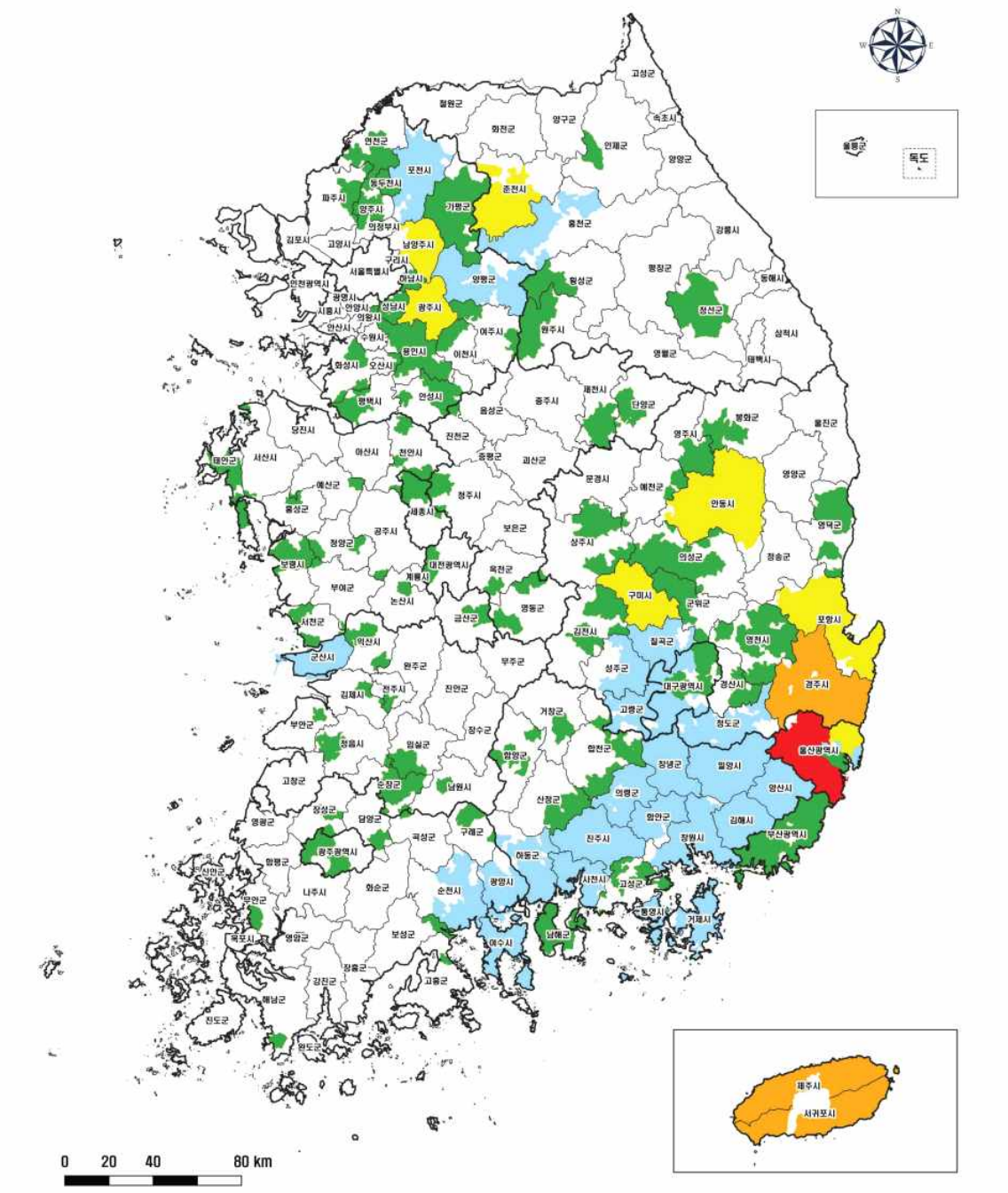
- 드론 예찰과 영상 분석을 통한 고사목 탐지로 지상 예찰 보완 및 소나무재선충병 선단지 관리 강화
- 고사목 발견부터 검경, 방제까지 QR코드를 활용한 고사목의 이력 관리 실시·확대(소나무재선충에 우선 실시)로 누락·중복 없는 정밀 관리
- 미발생지, 주요지역에 전자예찰함을 통한 예찰 관리와 소나무재선충병 진단키트로 빠른 진단 실시
- 소나무재선충병 예방을 위하여 벌채 등 피해목 제거 후 주변 지역에 예방 나무주사 시행
- 소나무류 이동에 대한 단속 및 실효성 제고

◯ 두 번째 전략과제로 ‘병해충별 맞춤형 방제’를 제시하였으며, 이 전략의 첫 번째 중점 과제로 ‘소나무재선충병 발생 유형별 관리’를 제시함

- 피해 정도에 따라 관리 방식을 달리하고, 소규모 피해 지역(경미)에 대한 등급을 세분화하여 확산 차단
- 피해등급 ‘경’ 이상 지역은 피해 외곽 지역부터 고사목 제거에 집중하고, 피해 ‘극심’ 지역은 수종 갱신 추진
- 피해등급 ‘경미’ 지역은 고사목 전체를 검경하여 확인 및 피해목 주변으로 고사목 제거, 예방나무주사 등 복합 방제 실시

표 2 소나무재선충병 피해 등급 구분 (2020년 12월 기준)
(자료출처: 산림청. 2021. 제2차(2021~2030) 산림병해충 예찰·방제 계획)

구분	계	극심	심	중	경	경미
피해 본 수	-	5만 본 이상	3만~5만 본	1만~3만 본	1천~1만 본	1천 본 미만
시·군·구 수	130개 (100%)	1개 (1%)	2개 (1.5%)	7개 (5%)	27개 (21%)	93개 (71.5%)



1급	극심	2급	심	3급	중	4급	경	5급	경미
	5만본이상		3만~5만본		1만~3만본		1천~1만본		1천본미만
	1		2		7		27		93
('20. 12. 31.) 15개 시·도, 130개 시·군·구									

그림 14 소나무재선충병 피해 현황 구분도 (2020년 12월 기준)
(자료출처: 산림청. 2021. 제2차(2021~2030) 산림병해충 예찰·방제 계획)

- 소나무와 잣나무의 생리적 차이와 임산물(잣) 생산을 고려하여 소나무·잣나무간 방제 방식 차별화
- 확산 거점 등 지역 특성에 따른 방제 지원하며, 특히 보호가치가 큰 소나무림은 예찰과 이동단속 철저 및 천공 피해 등의 우려가 적은 나무주사 실행으로 장기적인 예방적 조치

○ 다른 전략과제로 ‘지원기반 확충’을 제시하였으며, 이 전략의 중점 과제로 ‘전문성 있는 현장관리를 위한 인적 기반 강화’ 및 ‘국제교류 및 방제 기술개발 확대’를 제시함

다. 『소나무재선충병 방제특별법』

○ 2005년 처음 제정된 이 법률은 3개 장 19개 조문으로 구성되어 있음

○ 제1장 ‘총칙’에서는 목적, 정의, 산림소유자등의 의무, 국가 및 지방자치단체의 책무, 방제대책본부에 대한 사항을 정하고 있음

○ 제2장 ‘방제’에서는 예비관찰조사, 진단, 방제방법, 소나무류의 이동제한, 반출금지구역, 발생지역 주변 산림관리 등에 대한 사항을 정하고 있음

○ 제3장 ‘벌칙’에서는 벌칙, 양벌규정, 그리고 과태료에 대한 사항을 정하고 있음

1) 목적

○ 소나무재선충병 피해 산림을 보호하고, 산림자원의 기능 확보를 위한 피해방지대책을 강구하여 추진함으로써 국토의 보전에 이바지함

2) 국가 및 지방자치단체의 책무

○ 산림청장 및 지방자치단체의 장은 소나무재선충병의 예방, 확산 방지를 위해 다음 사업을 포함하는 재선충병 방제대책을 수립·시행하여야 함

- 재선충병의 방제를 위한 조직·인력·예산 및 장비 확충
- 재선충병의 예방 및 조기발견 신고체계

- 재선충병의 방제를 위한 기술연구개발과 지원
- 재선충병의 방제를 위한 관계 기관과의 협조대책
- 재선충병에 대한 교육 및 홍보
- 재선충병에 관한 정보수집 및 분석

3) 방제대책본부

○ 산림청장은 소나무재선충병 발생지역의 방제, 확산 방지, 그리고 예비관찰조사에 필요한 지원을 위해 산림청에 ‘소나무재선충병중앙방제대책본부’를 설치·운영하여야 함

○ 지방자치단체의 장, 지방산림청장 및 국유림관리소장은 발생지역의 효율적 방제를 위해 ‘소나무재선충병지역방제대책본부’를 설치·운영하여야 함

○ 중앙방제대책본부의 본부장은 산림청장으로 하며, 지역방제대책본부장은 시·도지사, 시장·군수·구청장, 지방산림청장 또는 국유림관리소장으로 함

라. 『소나무재선충병 방제지침』

○ 2015년 처음 제정된 이 지침은 개요, 방제 조직, 예찰 및 진단, 매개충 발생 조사, 신규발생지 등 긴급대응, 방제의 시행, 방제 방법, 방제사업 품질관리, 행정절차 등 전체 9개 장으로 구성되어 있음

1) 목적

○ 『소나무재선충병 방제특별법』의 각 조항에 따른 예비관찰 요령·시기·결과에 대한 조치사항, 신고·보고 및 진단, 훈증·파쇄 및 소각 등의 처리에 대한 세부 방제 방법 등을 규정

2) 적용 범위

○ 소나무재선충병 방제와 관련하여 산림소유자, 감염목 또는 감염우려목의 소유자 및 그 대리인이 재선충병을 방제하는 경우, 다른 법령의 특별한

규정이 있지 않으면 이 지침을 따름

○ 국가 및 지방자치단체의 장이 소나무재선충병을 예방하고 확산 방지를 위해 방제대책을 수립·시행하는 경우, 다른 법령의 특별한 규정이 있지 않으면 이 지침을 따름

3) 방제 조직

○ 소나무재선충병의 방제 조직은 설치운영권자에 따라 다음 표와 같이 설치·운영함

표 3 소나무재선충병의 중앙 및 지역 방제 조직
(자료출처: 산림청. 2023. 소나무재선충병 방제지침(2023.4.5.))

설치운영권자	설치·운영할 방제 조직	방제 조직의 소속기관
산림청장	중앙방제대책본부 산림병해충모니터링센터 중앙역학조사반 진단기관	산림청 한국임업진흥원 산림청 국립산림과학원
시·도지사 또는 지방산림청장	지역방제대책본부 지역역학조사반 재선충병방제지역협의회 진단기관	시·도 또는 지방산림청 시·도 시·도 또는 지방산림청 방제지침의 [별표3] 참조
시장·군수·구청장 또는 국유림관리소장	지역방제대책본부 지역역학조사반 재선충병방제지역협의회	시·군·구 또는 국유림관리소 시·군·구 시·군·구 또는 국유림관리소
지방산림청장	권역별방제협의회	지방산림청

○ 소나무재선충병 진단기관은 1차와 2차 기관으로 구분함

- 1차 진단기관은 각 시·도의 산림환경연구기관 또는 지방산림청, 그리고 한국임업진흥원의 산림병해충모니터링센터로 함
- 2차 진단기관은 국립산림과학원으로 함
- 1차 진단결과 신규발생지 및 재발생지에서 감염이 확인된 경우 또는 1차 진단결과에 대한 정밀한 진단이 필요한 경우에 2차 진단기관에서 최종적으로 확진함

○ 지역방제대책본부는 산림의 소관에 따라 다음 표와 같이 설치함

표 4 관할지역에 따른 소나무재선충병지역방제대책본부
(자료출처: 산림청. 2023. 소나무재선충병 방제지침(2023.4.5.))

소 관	발생지역	설치기관
공·사유림 타부처 소관 국유림	시·군·구 관할지역에서 발생	시·군·구
	관내 2개 이상 시·군·구 관할지역에서 발생	시·도
산림청 소관 국유림	국유림관리소 관할지역에서 발생	국유림관리소
	관내 2개 이상 국유림관리소 관할지역에서 발생	지방산림청

4) 예찰·신고 및 진단 체계

○ 소나무재선충병의 예찰·신고 및 진단체계는 아래 그림과 같음

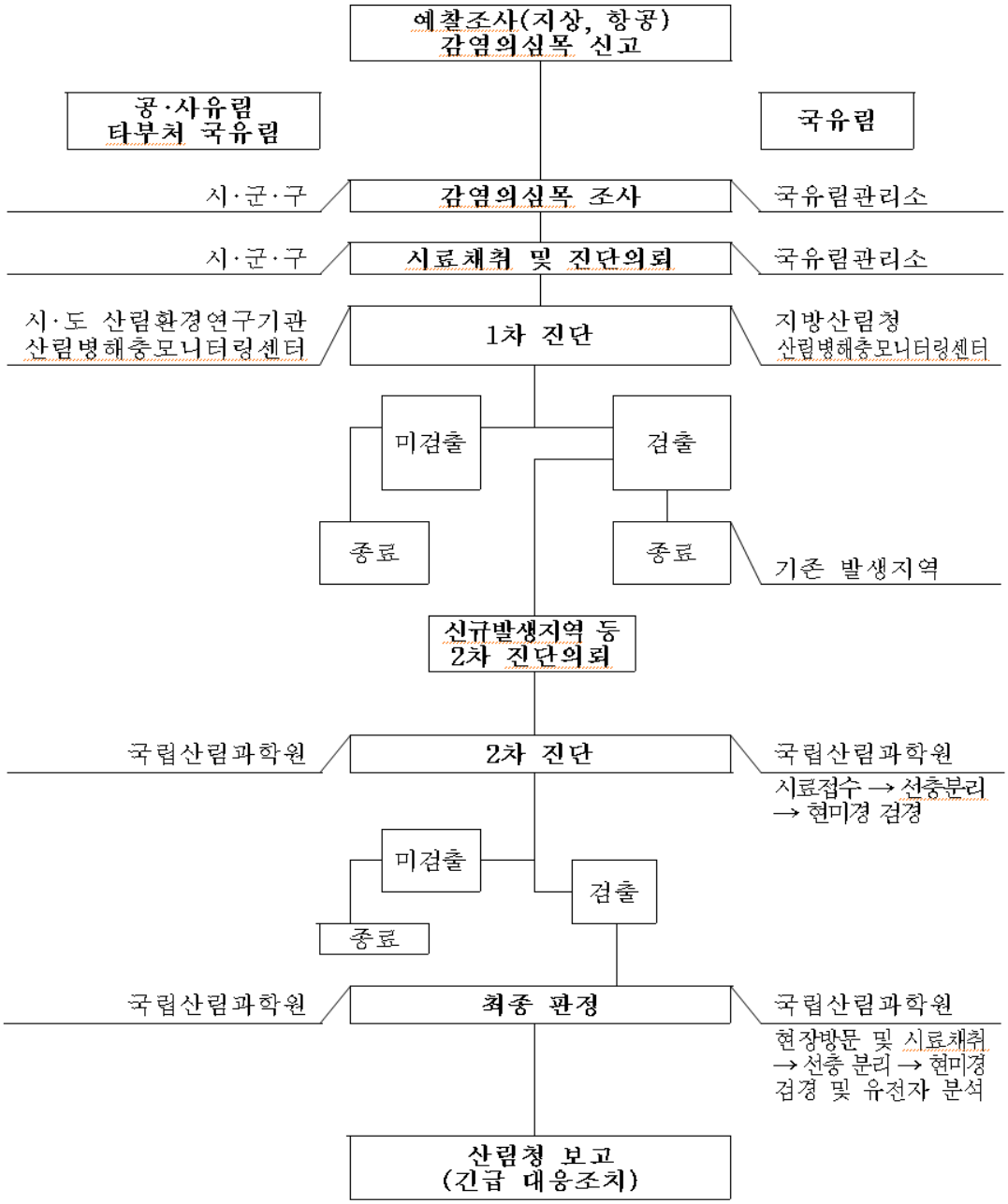


그림 15 소나무재선충병 예찰·신고 및 진단체계
(자료출처: 산림청. 2023. 소나무재선충병 방제지침(2023.4.5.))

○ 시·군·구 및 국유림관리소는 예찰조사와 신고를 통해 소나무재선충병 감염의심목을 조사하고 시료를 채취하여 진단함

○ 1차 및 2차 진단을 통해 감염목을 최종 판정하고 산림청에 보고하며, 발생상황도 작성 및 선단지를 확정함

○ 감염의심목 등의 신고 처리 절차는 아래 그림과 같음

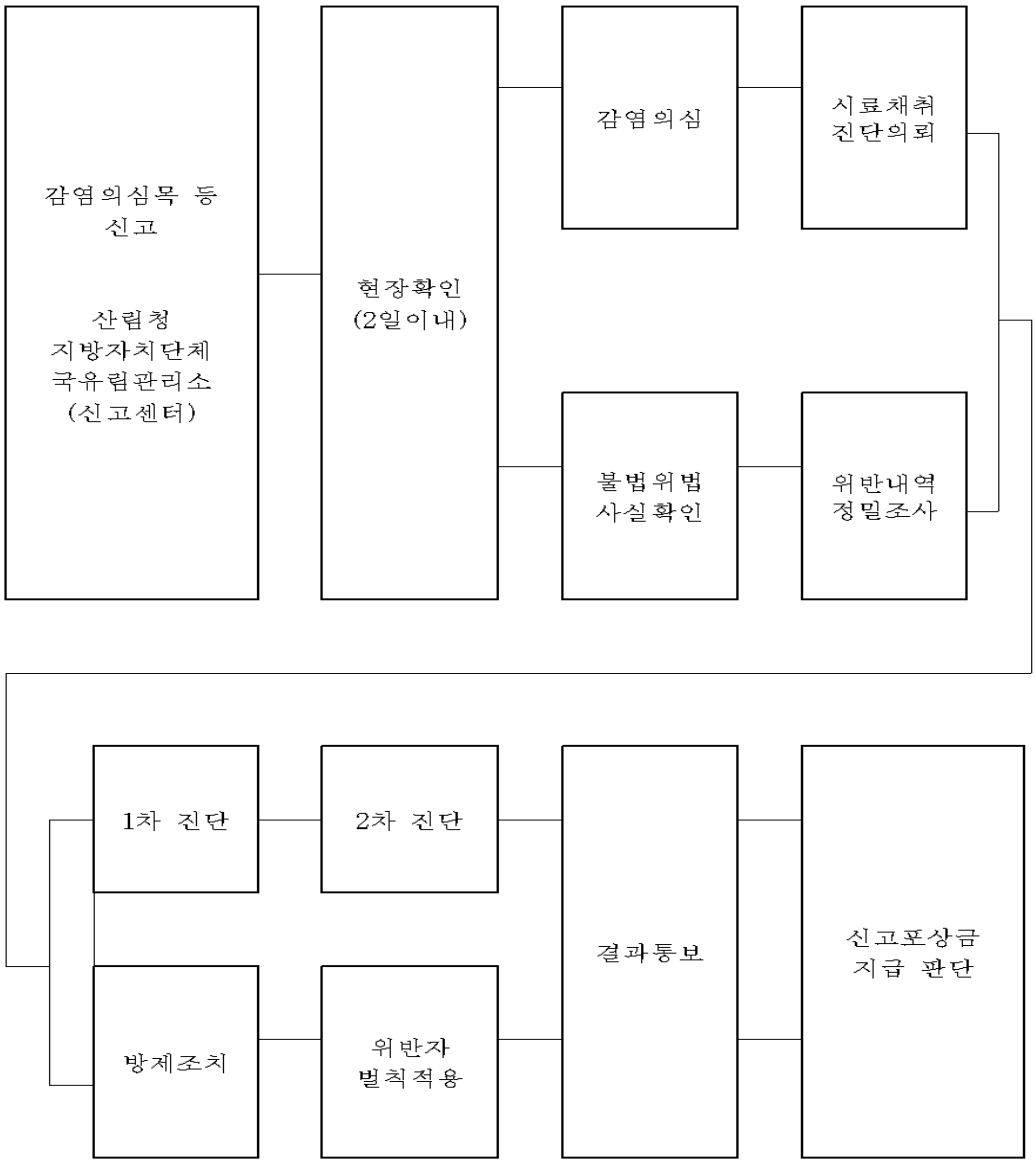


그림 16 소나무재선충병 감염의심목의 신고 처리 절차
(자료출처: 산림청. 2023. 소나무재선충병 방제지침(2023.4.5.))

5) 소나무재선충병 신규 발생 시 대응

○ 소나무재선충병의 신규 발생시 대응 체계는 아래 그림과 같음

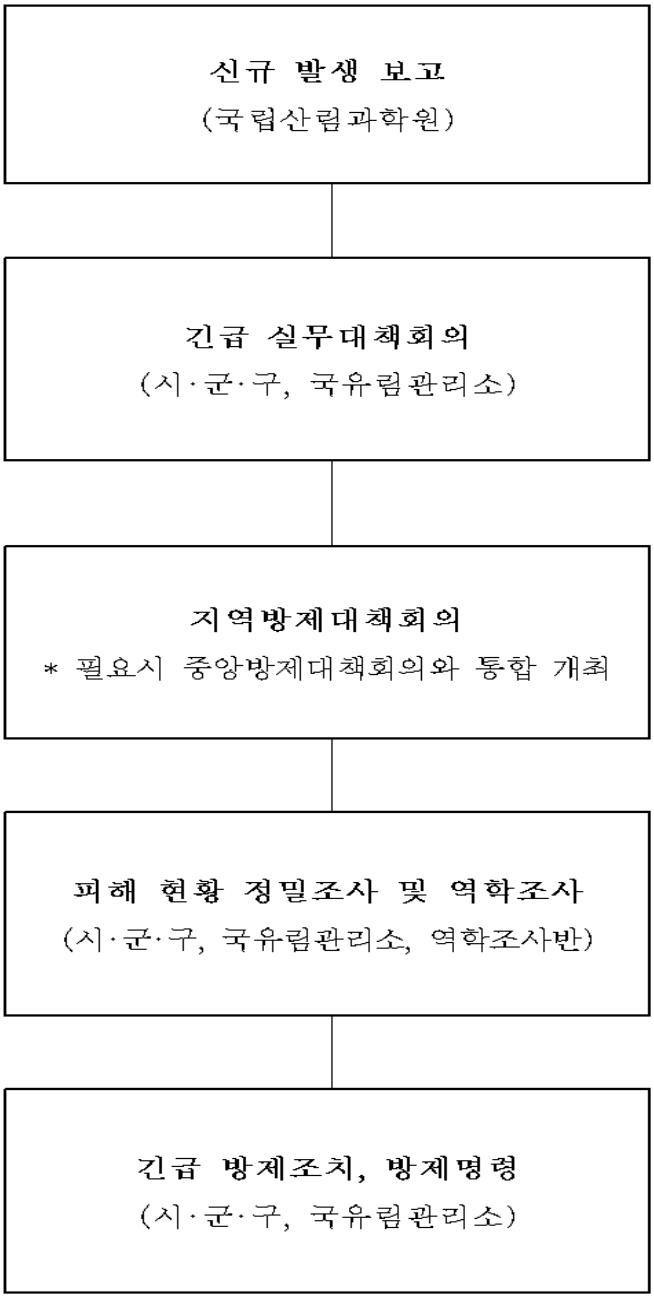


그림 17 소나무재선충병 신규 발생시 대응 체계
(자료출처: 산림청. 2023. 소나무재선충병 방제지침(2023.4.5.))

6) 방제의 시행

○ 소나무재선충병 방제의 기본 사업계획 수립부터 준공까지 시행 절차는 아래 그림과 같음

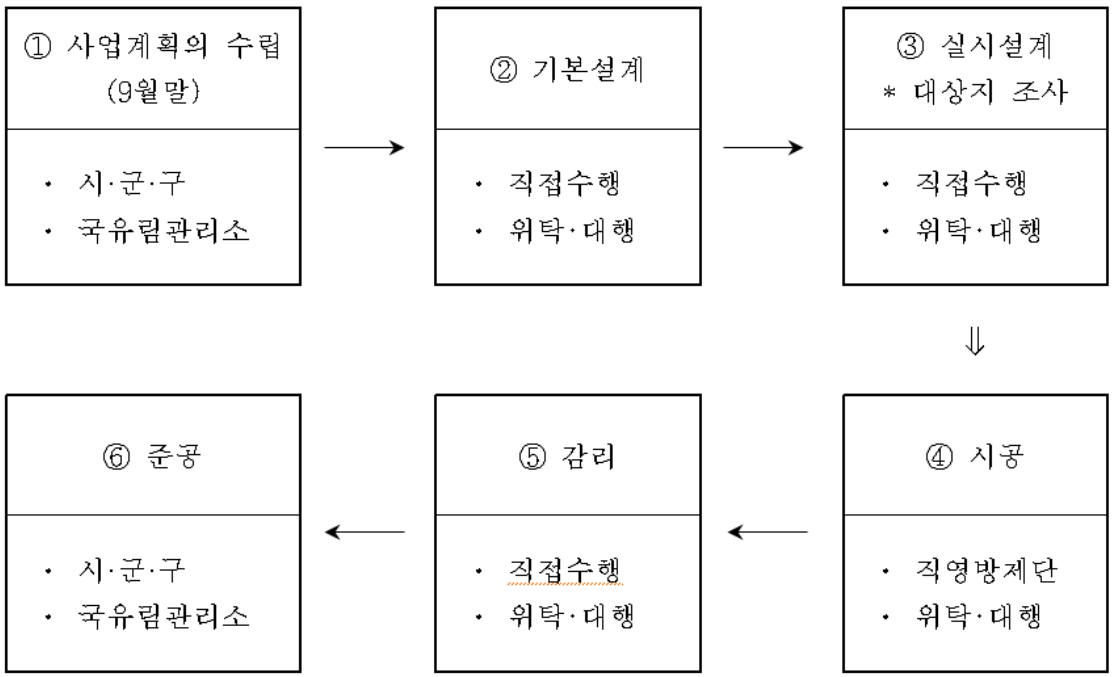


그림 18 소나무재선충병 방제 시행 체계
(자료출처: 산림청. 2023. 소나무재선충병 방제지침(2023.4.5.))

7) 방제 방법

○ 예방사업

- 예방나무주사, 매개충나무주사, 합제나무주사, 토양약제주입, 약제살포(정밀드론·지상), 매개충 유인트랩 설치, 재선충병 피해우려 소나무류 단순림 관리
- 예방 및 합제 나무주사 대상지는 다음의 우선순위에 따름

① 선단지 및 재선충병 확산이 우려되는 지역

② 발생지역 중 잔존 소나무류에 대한 예방조치가 필요한 지

역, 다만, 송이, 식용 잣 채취지역 등 약제 피해가 우려되는 지역은 제외

③ 문화재보호구역, 전통사찰, 자연공원, 천연기념물, 보호수, 경관보전구역 등 소나무류의 보존가치가 큰 산림지역

④ 국가 주요시설, 생활권 주변의 도시공원, 수목원, 자연휴양림 등 소나무류 관리가 필요한 지역

⑤ 위 지역에 대해 소나무림의 중요도에 따라 우선 시행지역을 선정하고, 피해발생지로부터 해당지역까지의 거리를 기준으로 시행

표 5 소나무림 보호지역 별 예방나무주사 우선순위
(자료출처: 산림청. 2023. 소나무재선충병 방제지침(2023.4.5.))

우선순위	구 분
1	보호수, 천연기념물, 유네스코 생물권보전지역, 금강소나무림 등 특별수종육성권역, 종자공급원(채종원, 채종림 등), 산림보호구역(산림유전자보호구역), 시험림
2	수목원·정원, 산림문화자산, 문화재보호구역
3	백두대간보호지역, 국립공원, 도시림·생활림·가로수, 생태숲
4	역사·문화적 보호구역, 도시공원, 산림보호구역(경관보호구역), 군립공원
5	기타

- 매개충 나무주사 대상지는 다음의 우선순위에 따름

① 선단지 및 재선충병 확산이 우려되는 지역, 다만, 송이, 식용 잣 채취지역 등 약제 피해가 우려되는 지역은 제외

② 발생지역 중 피해 외곽지역 단본 형태로 감염목이 발생하는 지역

- 예방나무주사 사업기간은 11월부터 이듬해 3월말로 하되, 미리 송진여부를 확인하여 수액의 이동이 정지된 시기에 시행
- 합제나무주사 사업기간은 2월부터 3월까지 실행
- 매개충나무주사 사업기간은 3월15일부터 4월 15일까지 실행하되, 지역별로 매개충 우화초일과 말일을 고려하여 실시

○ 피해고사목 등 방제사업

- 단목벌채, 소구역모두베기, 소군락모두베기, 모두베기
- 산물을 활용할 수 없는 경우 파쇄, 소각, 매몰, 박피, 그물망 피복, 훈증 등의 방법으로 처리함
- 산물을 활용하기 위해 대용량 훈증, 파쇄, 제재, 건조, 열처리 등의 방법으로 처리함

8) 기타

○ 이 외 매개충 발생 조사, 방제 방법, 방제사업 품질관리, 행정 절차 등은 『소나무재선충병 방제지침』에 구체적으로 명시되어 있음

2. 방제 관련 최신 연구 동향

○ 소나무재선충병의 성공적 방제를 위해 지난 수십 년간 다양한 연구가 국내·외에서 진행되었으며, 최근에는 국외보다 국내에서 연구를 선도하고 있음

○ 국외 연구는 소나무재선충병의 피해가 큰 일본에서 과거 주도적인 역할

을 해 왔으며, 병 발생이 심각해지는 유럽에서도 최근 진행되고 있음

○ 미국, 호주 및 다른 대륙 국가에서는 병의 피해가 크지 않으므로 연구가 상대적으로 활발하지 않음

○ 국내에서는 소나무재선충병 예찰과 방제 관련하여 예찰 및 진단, 친환경 방제, 나무주사 및 드론·지상 방제, 피해목 방제 및 활용 등의 연구가 활발히 진행되고 있음

가. 예찰 및 진단 기술 연구

1) 소나무재선충병 원격예찰 시스템 고도화 연구

○ 다양한 예찰 방법의 장·단점 비교 분석을 통해 최적의 시스템 개발

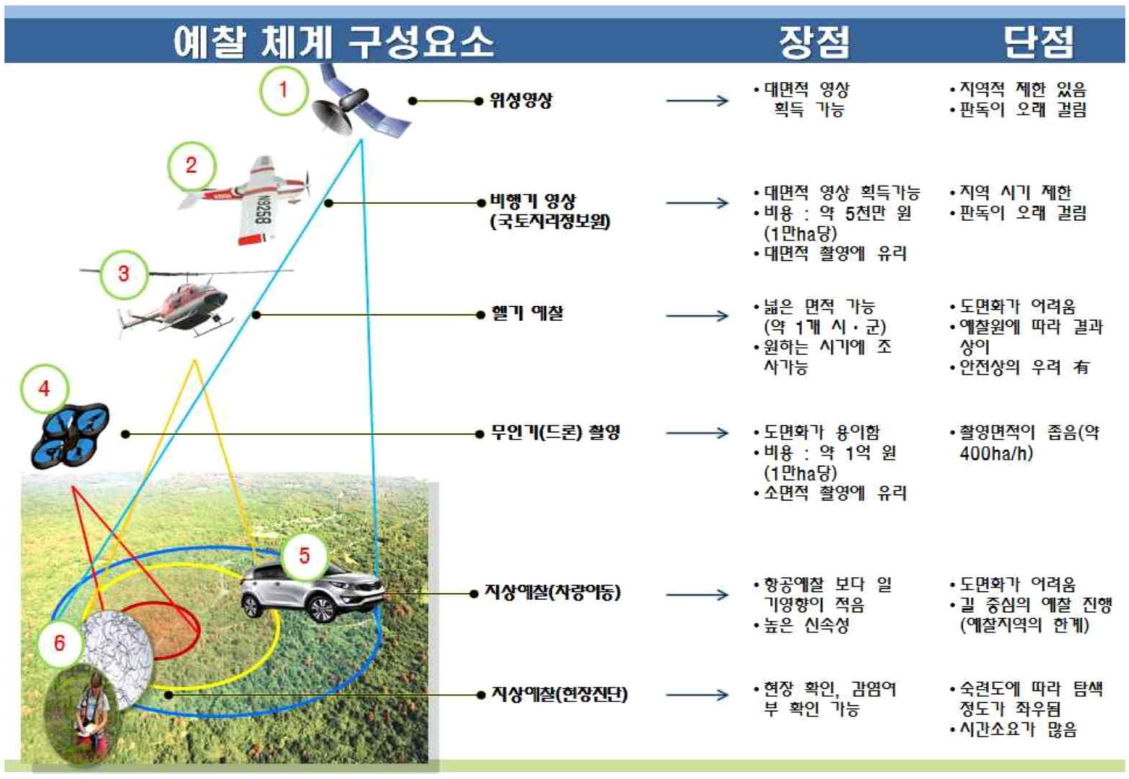


그림 19 소나무재선충병 지상 및 원격예찰 방법의 장·단점 분석
(자료출처: 국립산림과학원. 2020. ICT 기반 소나무재선충병 예찰 및 감염목 탐지 기술개발)

◯ 인력 중심의 지상 예찰에만 국한된 기존 방제 개념 탈피

◯ 항공사진 및 위성영상 자료를 활용한 선단지와 광역범위 모니터링

◯ 취득한 데이터들은 DB화하여 통합관리시스템으로 구축

표 6 소나무재선충병 예찰 방법별 특징 비교
(자료출처: 국립산림과학원. 2020. ICT 기반 소나무재선충병 예찰 및 감염목 탐지 기술개발)

종류	자료취득 방법	조사 목적	정확도	분석 방법
지상 조사	자체 수행	소나무재선충병 감염여부 위치정보 취득	매우 높음	현장진단 시료분석
헬기	자체 수행	발생지역의 대략적 파악	낮음	육안판독
무인항공기 영상	자체 수행, 촬영업체 의뢰	위치기반 소면적 변화 모니터링	높음	육안판독
유인항공기 영상	국토지리정보원, 촬영업체 의뢰	위치기반 중·대면적 변화 모니터링	높음	육안판독 화소분석

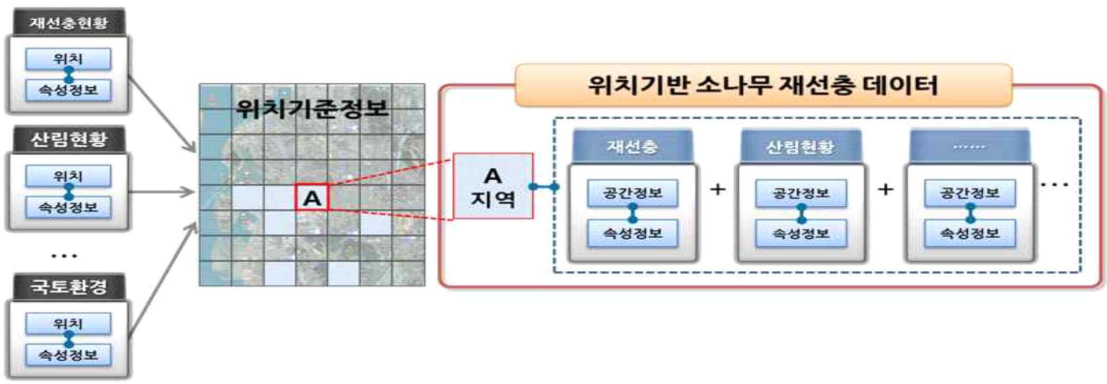


그림 20 위치기반 소나무재선충병 데이터 통합과 원계 예찰 시스템 개요
(자료출처: 국립산림과학원. 2020. ICT 기반 소나무재선충병 예찰 및 감염목 탐지 기술개발)

2) 소나무재선충병 매개충의 우화 및 분포 예측 고도화

(가) 매개충의 우화 시기 예측

○ 성충의 우화 시기 예측 모형 개발

- 평균 기온 등의 변수와 매개충 생태와의 관계 모형 개발
- 시·군 단위 매개충 우화 시작 및 종료일, 우화 최성기 등 예측
- 고사목 방제 종료 시점 및 매개충 방제 적기 선정에 활용

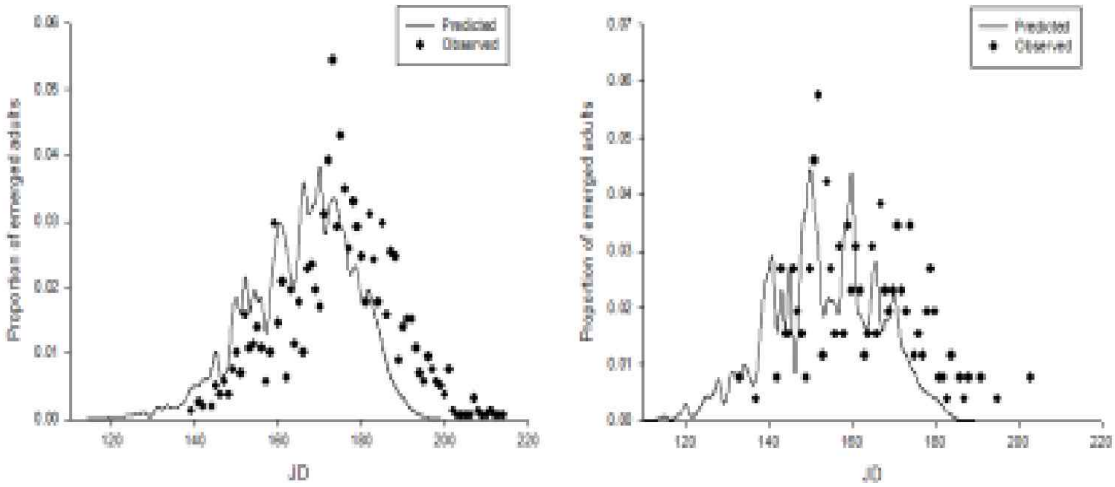


그림 21 소나무재선충병 매개충 우화 시기 예측 분석 사례
(자료출처: 국립산림과학원 내부 자료)

(나) 매개충의 전국 분포 예측 고도화

○ 매개충 전국 분포 현황 조사

- 솔수염하늘소는 주로 경남·북, 전남·북, 제주에 분포하고 일부 충남·북에 분포함. 하지만 경기 화성 및 강원 삼척에서도 확인
- 북방수염하늘소는 주로 경기, 강원, 충남·북에 분포하고 일부 전남·북과 경남·북에 분포함. 경남 거제에서도 확인
- 매개충 분포에 따라, 내륙은 9월에서 3월 말까지, 제주도는 10월에서 4월 말까지 고사목 방제 기간 결정

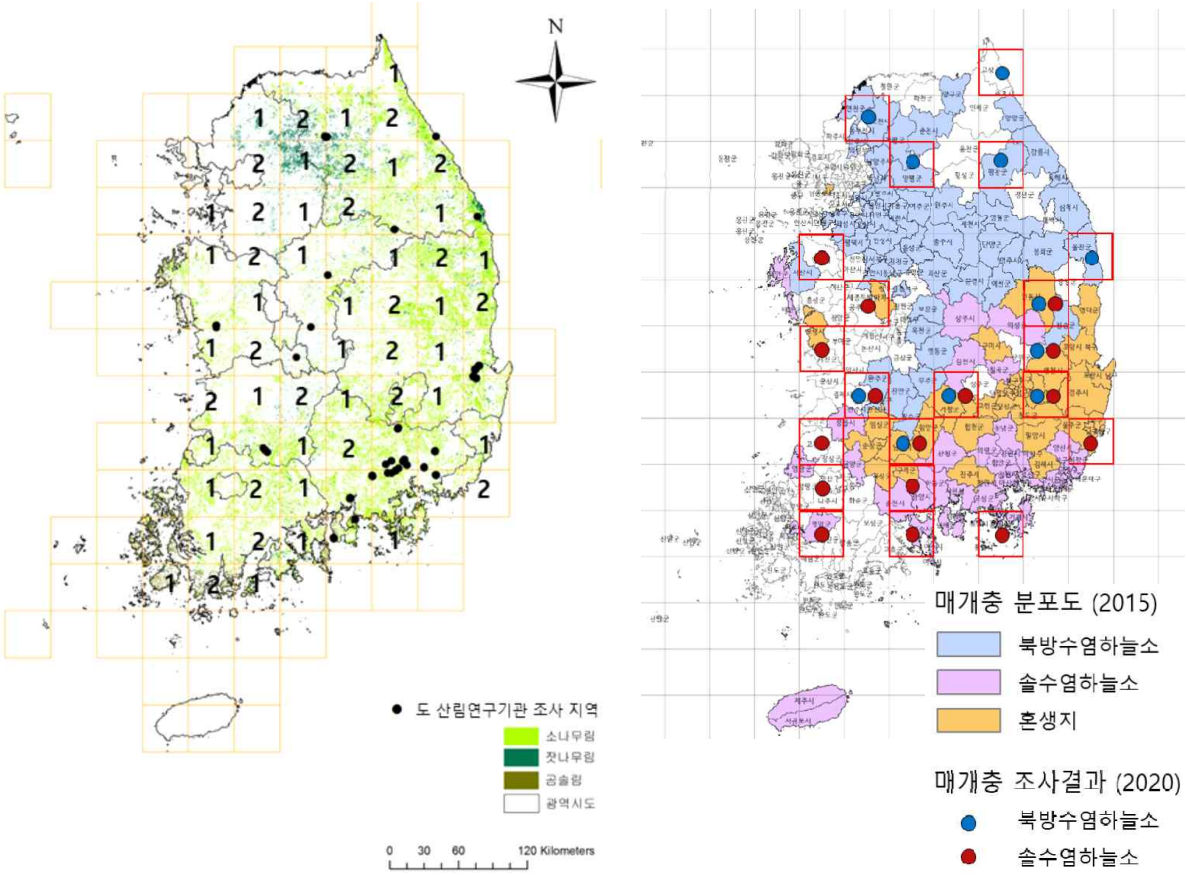


그림 22 소나무재선충병 매개충의 전국 분포 조사 고도화 과정
(자료출처: 국립산림과학원. 2023. 소나무재선충병 피해확산 저지를 위한 종합관리시스템 구축 연구)

3) 소나무재선충병 맞춤형 진단 기술개발

(가) 비병징 감염목 대상 기술

◯ 수목의 유전·생리 특성을 기반으로 소나무재선충병 감염목 조기 진단

- ‘송진테스트’: 대상목의 송진 유출을 스티커 변색 유무로 판단
- ‘소나무 전사체 분석’: 감염목 특이 유전자 마커와 딥러닝 인공지능 프로그램을 활용하여 판단

◯ 신규발생지 및 선단지 등에서 선제적 방제를 위한 대상목 선정에 활용

(나) 고사목 대상 기술

○ 수목 내 소나무재선충의 검출 유무로 진단

- ‘현미경 검경’ : 시료 내 선충 분리 후 현미경 검경
- ‘분자생물학적 진단’ : 소나무재선충 특이 유전자의 증폭 여부로 판단 (예, RPA 진단 키트: Recombinase Polymerase Amplification)

○ 고사목의 소나무재선충병 정밀 진단 및 확진 판정에 활용

○ 특히, RPA를 통해 편리하고 신속하며 표준화된 원스텝 현장 진단 가능

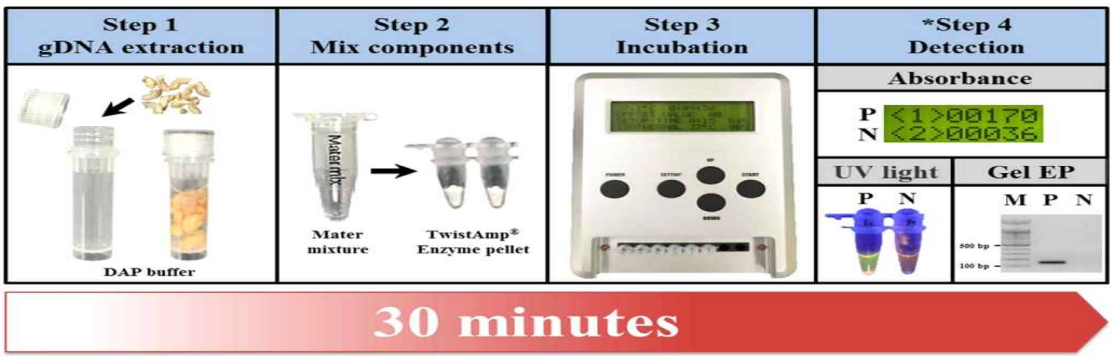


그림 23 유전자 등온 증폭을 통한 소나무재선충병 정밀 진단 방법 (RPA) (자료출처: 국립산림과학원. 2020. ICT 기반 소나무재선충병 예찰 및 감염목 탐지 기술개발)

표 7 소나무재선충병 진단을 위한 현미경 검경과 RPA 진단 키트 방법 비교 (자료출처: 국립산림과학원. 2020. ICT 기반 소나무재선충병 예찰 및 감염목 탐지 기술개발)

구분	현미경 검경	RPA 진단 키트
소요 시간 (신속성)	3일	30분
판정 방법 (정확성)	검경을 통한 선충 형태 특성	소나무재선충 특이 유전자 증폭
진단 절차 (편리성)	현장 → 이동 → 실내	현장
진단 주체 (전문성)	선충 형태 동정 숙련 전문가	간단한 교육 후 진단 가능

나. 친환경 방제 기술 연구

1) 식물 내생 미생물 유래물질 기반 살재선충제 개발

(가) 전국 소나무류 채취를 통한 내생 미생물 분리 및 동정

○ 분리 - 진균 1,564종, 세균 2,432종, 방선균 392종, 유산균 287종

○ 동정 - 진균 234종, 세균 389종, 방선균 20종, 유산균 3종

(나) 내생 미생물 유래 물질에서 살재선충 효능 검정

○ 4종의 미생물에서 65~85%의 살재선충 효과 확인

- *Raoultella ornithinolytica*
- *Stenotrophomonas rhizophila*
- 소나무에서 분리된 *Stenotrophomonas* sp.
- *Bacillus* sp.

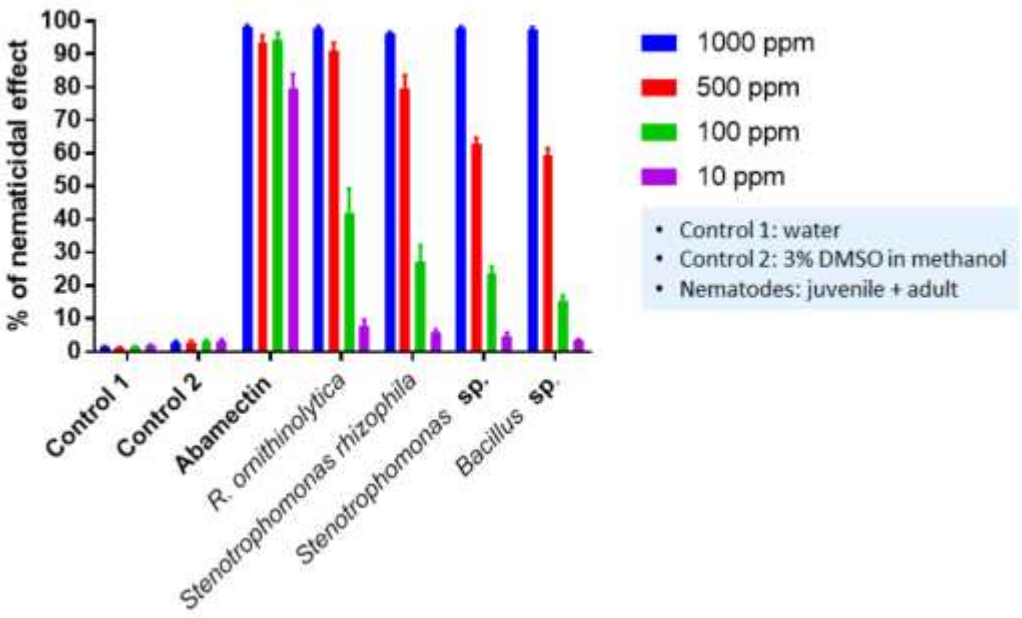


그림 24 소나무류 내생 미생물 4종의 살재선충 효능
(자료출처: 국립산림과학원. 2021. BT 기반 소나무재선충병 친환경 방제제 개발(2016~2020))

2) 소나무재선충병 내병성 개체 육종[5)]

○ 소나무재선충 4차 인공접종 및 선발

- 소나무 378개체, 곰솔 53개체

3) 천적 및 페로몬 활용을 통한 매개충 방제법 개발[6)]

(가) 매개충 방제를 위한 천적 탐색

○ 포식천적 및 기생천적

- 쌀도적, 큰쌀도적 등의 포식천적

- 맵시벌류, 개미침벌, 가시고치벌, 솔수염살이고치벌 등의 기생천적

(나) 페로몬 활용 매개충 친환경 방제 방법 탐색

○ 집합페로몬 유인트랩 및 산란유인목 이용 기술 개발

- 2-undecyloxy-1-ethanol 및 카이로몬의 조합

- 매개충 유인 우려가 있는 선단지에서는 적용하지 않음

다. 나무주사 방법 기준 정립 및 피해목 방제와 활용 연구[7)]

1) 나무주사 약종 선발 및 효과 제고 기술 개발

(가) 약종 선발

○ 살선충제 - 아바멕틴, 에마멕틴벤조에이트, 모란텔타트레이트, 밀베멕틴

○ 살충제 - 티아메톡삼

○ 살선충+살충 합제 - 아바멕틴+설폭사플로르, 아세타미프리드+에마멕틴벤조에이트 등

(나) 약제 적정 주입 시기

○ 살선충제 - 11월 ~ 이듬해 3월

5) 국립산림과학원 및 한국임업진흥원 내부 자료를 바탕으로 작성함
6) 국립산림과학원 및 한국임업진흥원 내부 자료를 바탕으로 작성함
7) 국립산림과학원 및 한국임업진흥원 내부 자료를 바탕으로 작성함

○ 살충제 - 3월 15일 ~ 4월 15일 (약효가 5개월로 적기 실행이 중요)

○ 살선충+살충 합제 - 2월 ~ 3월

2) 피해목 방제 및 활용 연구

(가) 벌채산물 처리를 위한 훈증 방법 개선

○ 훈증가스 적용으로 밀폐공간에서 감염목 내 재선충 및 매개충 사멸

- 피복 소재: 타포린 (하우스비닐 대비 인장강도 및 내구성 보강)
- 훈증 약제: 메탐소듐 등 (인화늄 대비 저독성 및 효과 우수)
- 피복 겉면에 QR코드 훈증더미 표식 라벨 부착하여 이력 관리

그림 25 소나무재선충병 감염목 벌채 후 훈증 처리
(자료출처: 국립산림과학원 및 한국임업진흥원 내부 자료)

(나) 벌채산물 열처리 기준 정립

○ 수종 및 경급별 최소 소요시간 구명

- 공기가열식: 벌채산물 중심부 온도 56℃ 이상, 30분 이상
- 마이크로파: 벌채산물 표면 온도 60℃ 이상, 1분 이상

○ 열처리시설 인증제도 운영 및 심사

3) 단목벌채, 소구역모두베기 및 모두베기 방제법 기준 정립

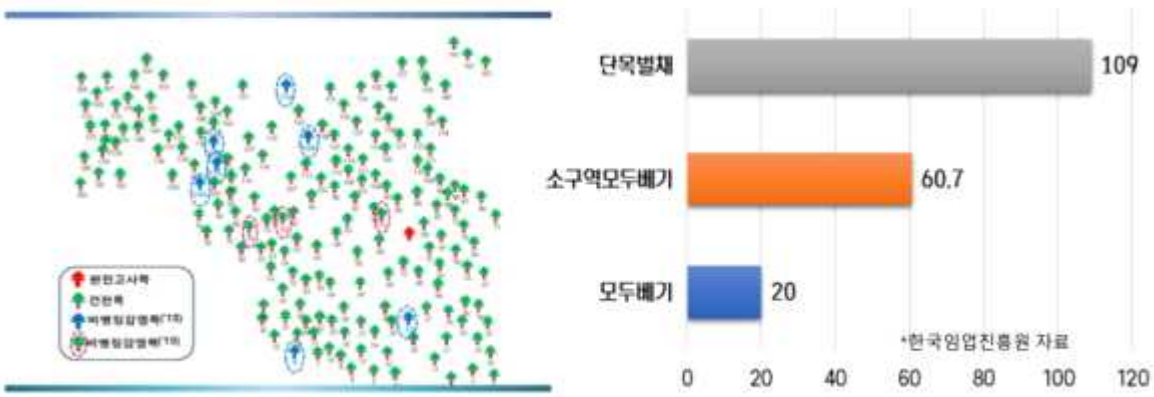
◯ 모두베기로 인한 환경훼손을 우려하는 사회적 시각이 존재

◯ 단목벌채 뿐 만 아니라 소구역모두베기 또는 모두베기도 필요

◯ 모두베기의 방제 효과는 과학적으로 입증

<모두베기> <소구역모두베기>

그림 26 소나무재선충병 감염목의 모두베기 및 소구역모두베기 작업장 예시
(자료출처: 국립산림과학원 내부 자료)



<잣나무 비병징감염목 분포도> <방제방법별 재발생률(%)>

그림 27 소나무재선충병 감염목의 소구역모두베기 및 모두베기 방제 효과 분석
(자료출처: 국립산림과학원 내부 자료)

(가) 단목벌채

○ 대상지

- 소나무재선충병이 발생한 모든 지역
- 소구역모두베기 또는 모두베기를 위한 산주 동의를 받지 못한 지역
- 도시공원 등 경관관리를 위해 단목방제가 불가피한 지역

○ 작업방법

- 고사목 QR마킹테이프가 묶여진 나무
- 파쇄, 소각, 매몰, 훈증, 그물망 피복 등 후속처리 작업과 연계

(나) 소구역모두베기

○ 대상지

- 신규발생 지역 또는 재발생 지역
- 선단지
- 기존 발생지로부터 5km 이상 떨어진 지역

○ 작업방법

- 단목 피해의 경우, 피해고사목 반경 20m 안의 모든 소나무류 제거
- 군상 피해의 경우, 감염목간 거리가 20m 이내인 감염목을 연결한 선으로부터 외곽 20m까지의 모든 소나무류 제거
- 벌채 면적은 0.5ha 이하

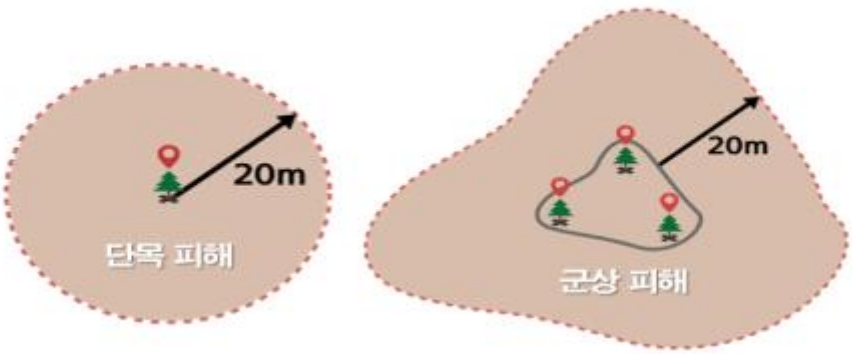


그림 28 소나무재선충병 감염목 소구역모두베기 작업 방법
(자료출처: 한국임업진흥원 내부 자료)

(다) 모두베기

○ 대상지

- 피해고사목이 당초 본수 대비 30% 이상 발생한 지역
- 반복적 피해 발생 지역

○ 작업방법

- 계획된 벌채구역 안의 모든 소나무류 제거
- 비병징감염목 제거를 통해 재선충병의 추가 확산 선제적 차단

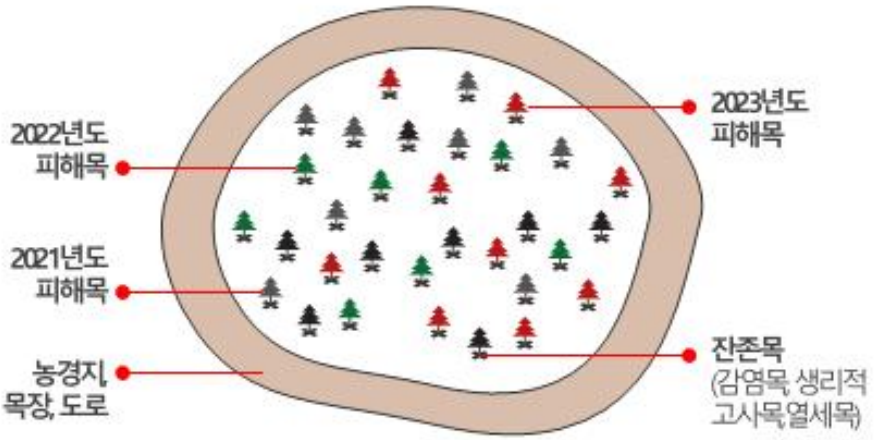


그림 29 소나무재선충병 모두베기 작업 대상목 예시
(자료출처: 한국임업진흥원 내부 자료)

Chapter

Ⅳ 충청남도의 소나무재선충병 현황

1. 충청남도 소나무재선충병 발생 현황
2. 충청남도 소나무재선충병 대응 현황

Ⅳ. 충청남도의 소나무재선충병 현황

1. 충청남도 소나무재선충병 발생 현황

가. 충청남도 산림 일반 현황

1) 일반 산림면적 및 임목축적 (2021년 기준)

○ 충남의 산림은 403,481ha로 충북보다 좁으나 대전 및 세종보다 넓음

○ 충남의 산림 비율은 48.9%로 충북, 대전, 세종보다 낮으며, 우리나라 국토 면적에 대한 산림 비율인 62.7%보다 낮음

○ 충남의 ha당 임목축적은 147.6㎥/ha으로 충북, 대전, 세종보다 낮으며, 우리나라 평균인 168.7㎥/ha보다 낮음

표 8 충청남도 및 인근 권역의 산림면적 및 임목축적 현황 (2021년 기준)
(자료출처: 산림청. 2023. 2022 임업통계연보 제52호)

구분	전체면적 (ha)	산림면적 (ha)	산림비율 (%)	임목축적 (㎥)	ha당 임목축적 (㎥/ha)	비고
충청남도	**824,659**	**403,481**	**48.9**	**59,555,501**	**147.6**	
충청북도	740,696	488,199	65.9	79,435,466	162.7	
대전시	53,966	29,763	55.2	5,117,200	171.9	
세종시	46,491	24,835	53.4	3,925,427	158.1	

○ 충남 시·군 중에서는 공주시의 산림이 59,885.7ha로 가장 넓으며, 그 뒤로 금산군, 보령시, 청양군, 부여군 순으로 산림이 넓음

○ 충남 시·군 중에서는 금산군의 산림 비율이 69.9%로 가장 높으며, 그 뒤로 공주시, 청양군, 계룡시, 보령시, 부여군 순으로 산림 비율이 높음

○ 산림면적 비율이 우리나라 평균인 62.7%보다 높은 충남의 시·군은 4개

시・군이 있으며, 낮은 시・군은 11개 시・군이 있음

○ 산림면적 비율이 충남 평균인 48.9%보다 높은 시・군은 6개 시・군이 있으며, 낮은 시・군은 당진시, 아산시, 서산시, 서천군, 논산시, 홍성군, 예산군, 태안군, 천안시 등 9개 시・군이 있음

표 9 충청남도 시·군별 산림면적 (2021년 기준)
(자료출처: 충청남도. 2023. 2022 제62회 충남 통계연보)

구분	전체면적(ha)	산림(임야)면적(ha)	산림비율(%)	비고
천안시	63,615.1	30,901.8	48.6	
공주시	86,414.1	59,885.7	69.3	
보령시	58,692.6	32,361.6	55.1	
아산시	54,277.6	20,636.7	38.0	
서산시	74,218.0	28,644.2	38.6	
논산시	55,620.0	23,302.8	41.9	
계룡시	6,069.9	3,940.5	64.9	
당진시	70,552.8	22,656.6	32.1	
금산군	57,714.0	40,336.3	69.9	
부여군	62,461.7	31,479.0	50.4	
서천군	36,613.0	14,503.1	39.6	
청양군	47,911.3	31,514.1	65.8	
홍성군	44,669.7	19,247.0	43.1	
예산군	54,270.1	24,206.1	44.6	
태안군	51,596.3	23,186.7	44.9	

2) 주요 수종별 산림면적 (2022년 기준)

○ 충남의 소나무와 곰솔 산림면적은 99,433ha이고, 잣나무림은 5,602ha임

○ 산림이 많은 경북, 강원, 경남, 전남이 충남을 포함한 다른 시・도보다 소나무, 곰솔, 잣나무림이 넓음

◯ 충남의 전체 산림면적은 충북보다 적지만, 소나무재선충병의 대상인 소나무와 곰솔, 그리고 잣나무림은 충남이 충북보다 더 넓음

표 10 우리나라 전국 시·도의 주요 침엽수종별 산림면적 (2020년 기준)
(자료출처: 산림청. 2023. 2022 임업통계연보 제52호)

산림면적 (ha)	소나무, 곰솔	잣나무	일본잎갈나무	리기다소나무	편백	기타 침엽수
충청남도	**99,433**	**5,602**	**10,576**	**33,762**	**3,057**	**1,696**
서울시	1,822	229	71	591	18	12
부산시	14,605	9	9	508	680	93
대구시	19,651	340	873	935	21	9
인천시	7,064	465	296	2,015	27	25
광주시	5,689	7	9	2,051	133	46
대전시	2,956	307	1,010	5,944	21	22
울산시	20,859	414	742	2,558	250	88
세종시	1,161	336	488	4,581	92	46
경기도	20,372	40,406	27,227	36,012	213	945
강원도	258,357	64,259	105,164	4,080	218	3,111
충청북도	73,972	9,473	38,272	23,436	587	1,024
전라북도	99,577	6,519	16,646	27,027	13,963	964
전라남도	208,319	539	494	45,784	42,899	3,819
경상북도	457,902	19,594	46,394	31,190	1,002	803
경상남도	273,111	3,447	11,977	13,975	8,334	2,518
제주도	14,937	0	7	1	1,077	5,581

3) 주요 집중 관리/보호 대상 산림

○ 충남에는 산림유전자원보호구역 1개소와 국가 산림문화자산 2개소가 지정・관리되고 있으며, 모두 소나무 숲임

○ 태안군 안면도 소나무숲은 산림유전자원보호구역과 국가산림문화자산으로 지정되어 있음

표 11 충청남도 내 산림유전자원보호구역 현황
(자료출처: 충남도청 산림자원과 내부 자료)

개소	면적 (ha)	위치	지정 일시	유형	비고
1	115	태안군 안면읍 승언리 산31-1번지 외 4필지	1978.9.8	진귀한 임상	

표 12 충청남도 내 국가산림문화자산 현황
(자료출처: 충남도청 산림자원과 내부 자료)

지정번호	명칭	위치	관리 주체	비고
2019-0005	안면도 소나무숲	태안군 안면읍 승언리 산31-1 외 3필지	충청남도	
2019-0019	서천 송림마을 솔바람숲	서천군 장항읍 송림리 산65 외 6, 523-67 외 1	충청남도	

○ 충남에는 전체 1,830본의 보호수가 지정・관리되고 있으며, 느티나무가 1,186본으로 가장 많고, 소나무가 155본, 은행나무 100본의 순으로 많음

○ 소나무재선충병에 감염될 수 있는 곰솔과 섬잣나무도 각각 4본, 6본이 충남에서 보호수로 지정되어 있음

○ 충남에는 2본의 나무가 천연기념물로 지정・관리되고 있으며, 모두 느티

나무임

나. 충청남도 소나무재선충병 발생 현황 분석

1) 전국 소나무재선충병 발생 현황 분석

◯ 2015~2019년 전국의 소나무재선충병 감염목은 총 3,678,315본이며, 가장 많이 발생한 지역은 경북으로 총 1,171,022본이 감염되었음

◯ 같은 기간, 충남은 784본의 감염목이 발생하였으며, 9개 도 중에서 충북을 제외하고 병 발생이 가장 적었음

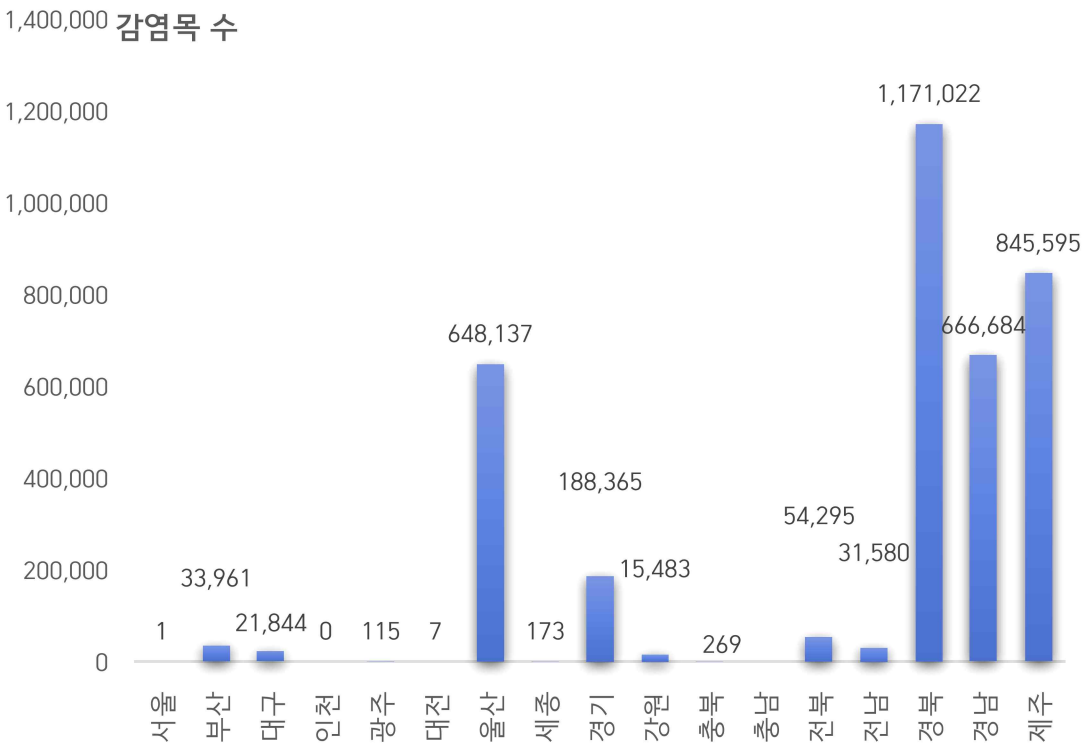


그림 30 2015~2019년 소나무재선충병 감염목 수 비교
(자료출처: 산림청. 2021. 제2차(2021~2030) 산림병해충 예찰·방제 계획)

◯ 2015~2019년에 전국에서 발생한 소나무재선충병 중, 충남의 비율은 0.02%에 불과함

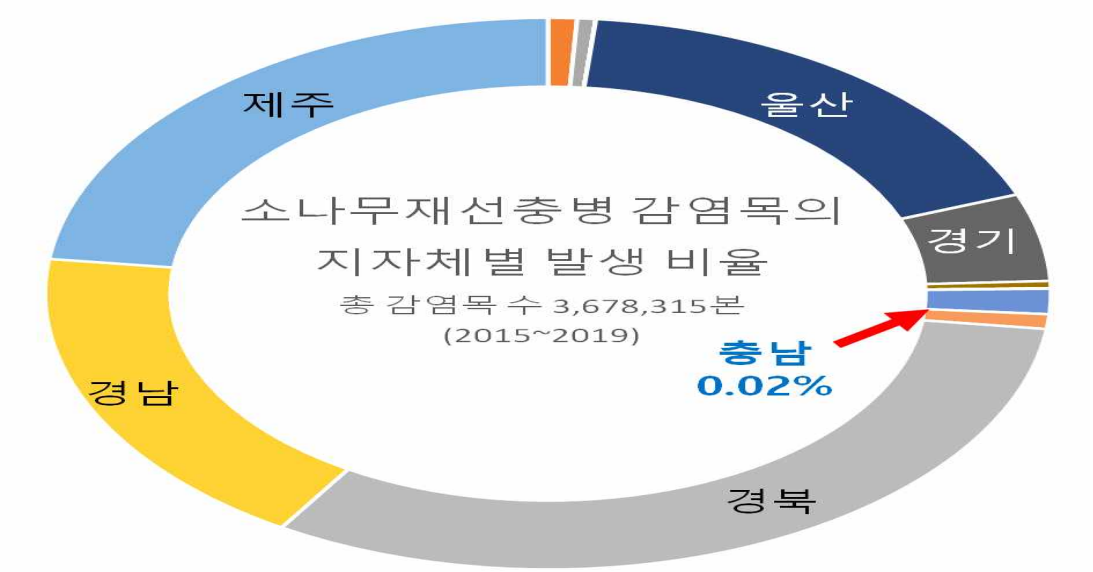


그림 31 소나무재선충병 감염목의 지자체별 발생 비율
(자료출처: 산림청. 2021. 제2차(2021~2030) 산림병해충 예찰·방제 계획)

○ 2022년 기준으로 지정된 소나무류 반출금지구역은 경북이 가장 넓었고, 충남은 125,528ha로 상대적으로 넓지 않았음

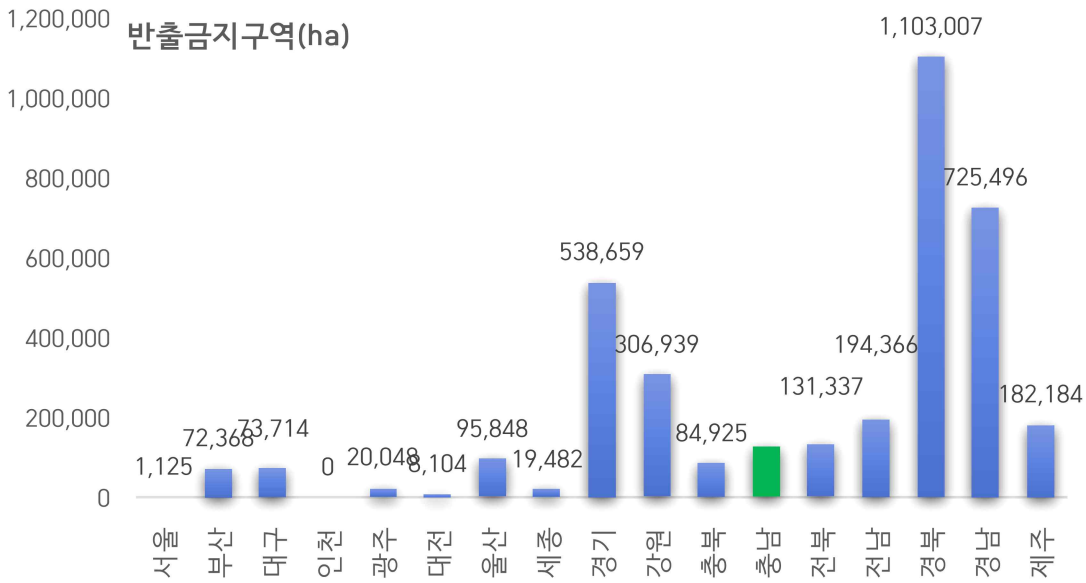


그림 32 전국 소나무류 반출금지구역 지정 현황(2022.11.29. 현재)
(자료출처: 한국임업진흥원 내부 자료)

○ 전국의 소나무재선충병 감염목 발생 수는 2014년 대발생 이후 점점 감소하는 경향이지만, 비록 절대적 감염목 수는 많지 않더라도 충남에서는 급격하게 증가하고 있음

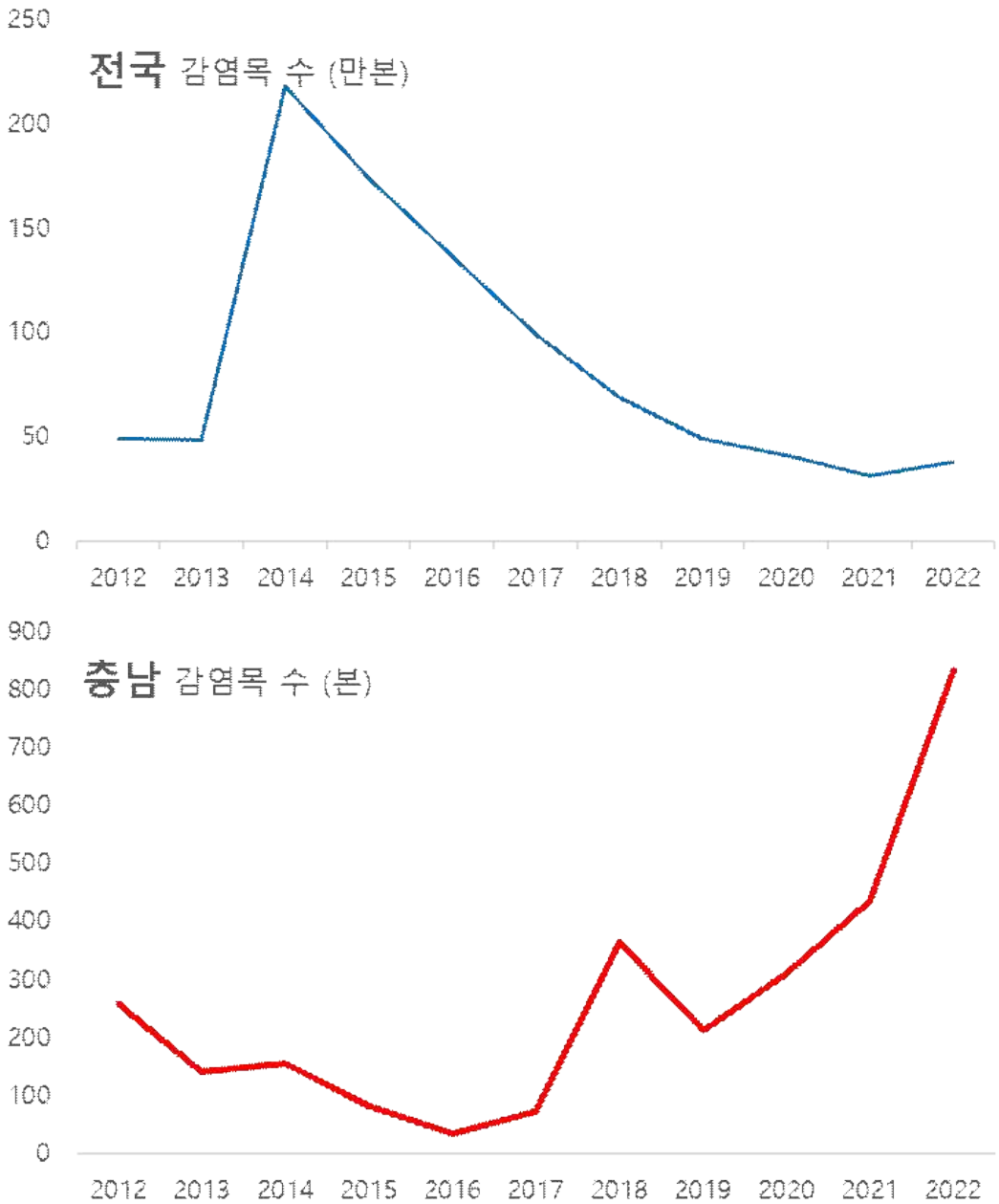


그림 33 전국과 충남의 소나무재선충병 감염목 연도별 발생 추이 비교
(자료출처: 충청남도 산림자원과와 한국임업진흥원 내부 자료)

○ 2022년 기준, 충남 내에서 소나무재선충병이 발생한 지역은 전체 15개 시·군 중, 13개로 전체 87%임 (2023년 7월 기준, 계룡시를 제외한 14개 시·군에서 발생하여 전체 93%임)

○ 소나무재선충병 발생이 심각한 경북, 경남, 제주 등과 같이, 병이 광범위하게 퍼져 있음

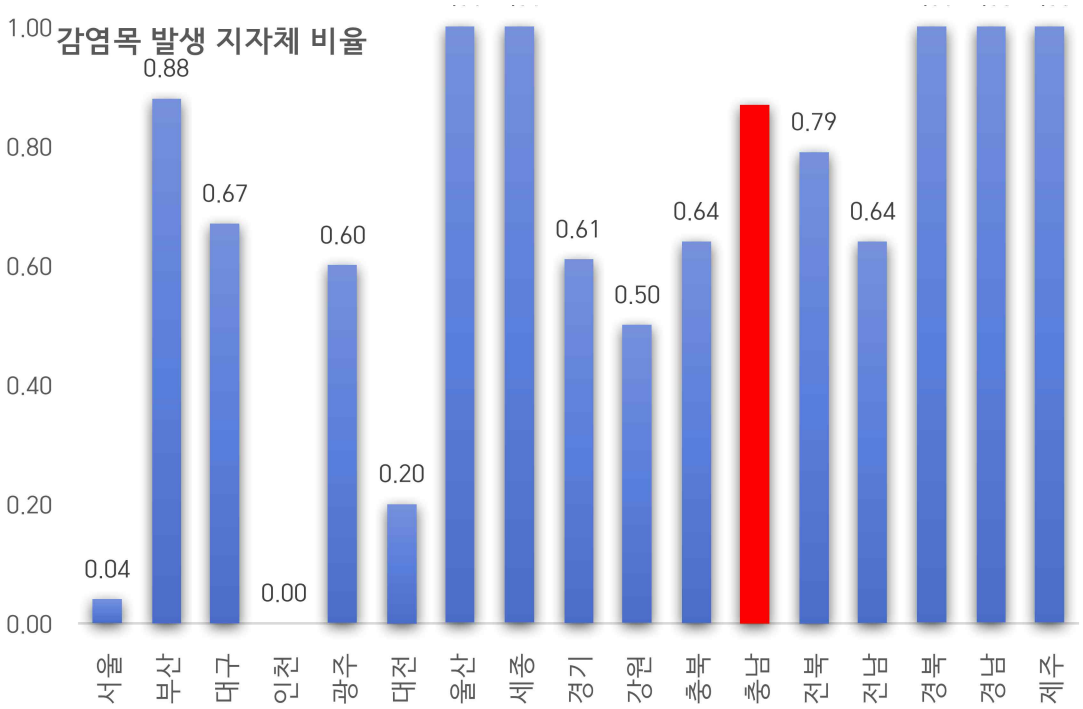


그림 34 소나무재선충병 감염목 발견 기초지자체 수 비율(2022.11.29. 현재)
(자료출처: 한국임업진흥원 내부 자료)

2) 충청남도 시·군 소나무재선충병 발생 현황 분석

○ 충남에서는 2023년 7월까지 총 4,445본의 소나무재선충병 감염목 발생

○ 2012년 보령시 청라면에서 소나무재선충병 충남 최초 발생

○ 2023년 7월 기준, 충남 15개 시·군 중 계룡시를 제외한 14개 시·군에 소나무재선충병 발생

○ 보령시, 태안군, 청양군에서 각각 누적 감염목 1,000본 이상으로 많이 발

생하였으며, 2022년 이후에는 태안군과 청양군에서 가장 많이 발생

표 13 충청남도 소나무재선충병 시·군별 감염목 수
(자료출처: 충남산림자원연구소 내부 자료)

시·군	계	2023. 07	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	~ 2012
천안	44	-	1	-	3	5	1	2	5	27	-	-	-
공주	20	2	3	8	7	-	-	-	-	-	-	-	-
보령	1,322	245	115	122	45	23	225	23	20	24	82	141	257
아산	22	17	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
서산	65	35	2	2	26	-	-	-	-	-	-	-	-
논산	15	-	-	-	-	-	1	6	-	8	-	-	-
계룡	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
당진	19	16	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
금산	27	-	-	1	-	10	8	-	8	-	-	-	-
부여	45	7	22	5	1	2	-	8	-	-	-	-	-
서천	344	148	43	76	28	8	34	2	-	5	-	-	-
청양	1,071	477	222	105	88	62	92	25	-	-	-	-	-
홍성	70	30	14	15	6	-	-	5	-	-	-	-	-
예산	113	70	25	12	1	1	4		-	-	-	-	-
태안	1,268	505	380	89	105	100	-	-	-	17	72	-	-

○ 보령시는 충남에서 소나무재선충병이 최초로 발생한 지역으로, 2012년 발생 이 후 한 해도 거르지 않고 매년 지속적으로 감염목이 발생하고 있음. 누적 감염목도 충남에서 가장 많음.

○ 태안군은 2014년과 2015년에 감염목이 발생하였으나 2016~2018년에는

추가 발생이 없었음. 하지만 2019년 이후에는 충남에서 가장 많은 감염목이 발생하고 있으며, 특히 안면도 소나무숲의 산림유전자원보호구역과 국가산림문화자산이 있는 곳으로 빠른 청정지역으로의 전환이 필요함

○ 보령시, 태안군, 서천군, 홍성군, 서산시 등은 곰솔이 다수 분포하는 서해안 지역이므로, 이러한 지리적 특성도 이 시·군에서 소나무재선충병 발생이 높은 원인일 수 있음

○ 청양군은 2017년부터 감염목이 매년 지속적으로 발생하고 있으며, 칠갑산 등 산림이 발달한 충청 내륙권에 위치하는 지리적 특성이 병 발생과 관련이 있는 것으로 추정함

2. 충청남도 소나무재선충병 대응 현황

가. 충청남도 산림병해충 예찰·방제 계획 수립

1) 제2차(2021~2030) 지역 산림병해충 예찰·방제 계획 수립

○ 산림청의 제2차 전국 산림병해충 예찰·방제 계획을 바탕으로 충남 자체의 제2차 지역 산림병해충 예찰·방제 계획을 2021년 4월에 수립함

○ “산림병해충 피해 최소화로 산림생태계 건강성 증진”을 비전으로 하며, 소나무재선충병 300본 이하로 관리함을 첫 번째 목표 수치로 제시함

○ 전략 1 ‘예찰·예방 강화’에서, 임업적 방제 및 예방조치 강화를 중점 과제로 삼고 ‘예방 나무주사 시행’을 강조함

- 피해 고사목 방제 후 피해고사목 주변 20m 내외 안쪽에 예방 나무주사 실행

○ 전략 2 ‘병해충별 맞춤형 방제 추진’에서, 소나무재선충별 발생 유형별 관리를 중점 과제로 삼고, ‘피해 규모별’ 및 ‘수종별 방제방식’ 차별화를 강조함

- 피해 등급을 세분화하여, 20본 이하 지역은 2년 내, 21~50본 지역은 4년 내, 51~100본 지역은 6년 내, 100~150본 지역은 8년 내,

500~1,000본 지역은 10년 내 청정화 전략으로 관리

- 소나무와 잣나무의 생리적 차이와 임산물 생산을 고려하여 수종별 방제 방식 차별화

〈 추 진 방 향 〉

◆ 방제방법 단순 · 획일 → 발생규모, 임분 형태 등에 따른 다양화

- 관리 가능한 수준으로 소나무재선충병 저감 : 300본 이하
- 솔잎혹파리, 솔껍질깍지벌레, 참나무시들음병 등 피해면적 1,250ha 이하로 관리

1 소나무재선충별 발생 유형별 관리

□ (피해 규모별 차별화) 피해 정도에 따라 관리방식을 달리하고, 소규모 피해 지역(경미)에 대한 등급을 세분화하여 확산 차단

❖ 현 소나무재선충병 피해등급 구분('20년 12월 기준)

구 분	계	극심	심	중	경	경미
피해본수	-	5만본 이상	3만~5만	1만~3만	1천~1만	1천본 미만
시군구 수	130개	1(1%)	2(1.5%)	7(5%)	27(21%)	93(71.5%)

그림 35 충남 제2차(2021~2030) 지역 산림병해충 예찰·방제 계획 일부(23쪽) 발췌
(자료출처: 충청남도. 2021. 제2차(2021~2030) 지역 산림병해충 예찰·방제 계획)

○ 전략 4 '지원기반 확충'에서, 현장관리를 위한 인적 기반 강화를 중점 과제로 삼고 '예찰방제단 확대' 및 '교육훈련 강화 및 전문가 활용'을, 국제교류 및 방제 기술개발 확대 역시 다른 중점 과제로 삼고 '방제 기술개발 확대'를, 산림병해충 및 생활권 수목진료 홍보를 또 다른 중점 과제로 삼고 '산림병해충 홍보방향 다양화'를 강조함

- **소나무재선충병 확산 우려가 큰 '경미' 지역(1,000본 미만)에 최소 2개단(8명)의 예찰 방제단 배치 목표**
- QR 코드를 활용한 소나무재선충병 고사목 이력관리 예찰
- 산림병해충 교육 내용과 방식 개선 및 유경험자 전문성 활용 확대

- 소나무재선충병에 대한 방제 기술 개발 및 방제 약제 연구 확대

- 소나무재선충병 확산에 따른 신고포상금제 실효성 향상 방안 마련

2) 지역 산림병해충 예찰·방제 대책 본부 운영

◯ 충남 지역 산림병해충 예찰·방제 대책 본부를 설치 운영하여 도내 시·군과 유기적 협력 체계를 갖추고 소나무재선충병 확산 저지에 대응

- 산림보호법 제22조 및 시행령 제13조, 제14조에 근거

◯ 주요 업무는 충남의 연도별 산림병해충 예찰·방제 계획에 따른 세부 시행계획 수립, 유관기관과의 협조체계 구축, 지역주민에 대한 산림병해충 관련 홍보 및 주민신고제도 운영, 피해목의 방제사업 실시 및 제거목 처리, 공동·예찰진단, 안전사고 예방대책 수립, 그 외에 지역단위 산림병해충 방제사업에 관한 사항

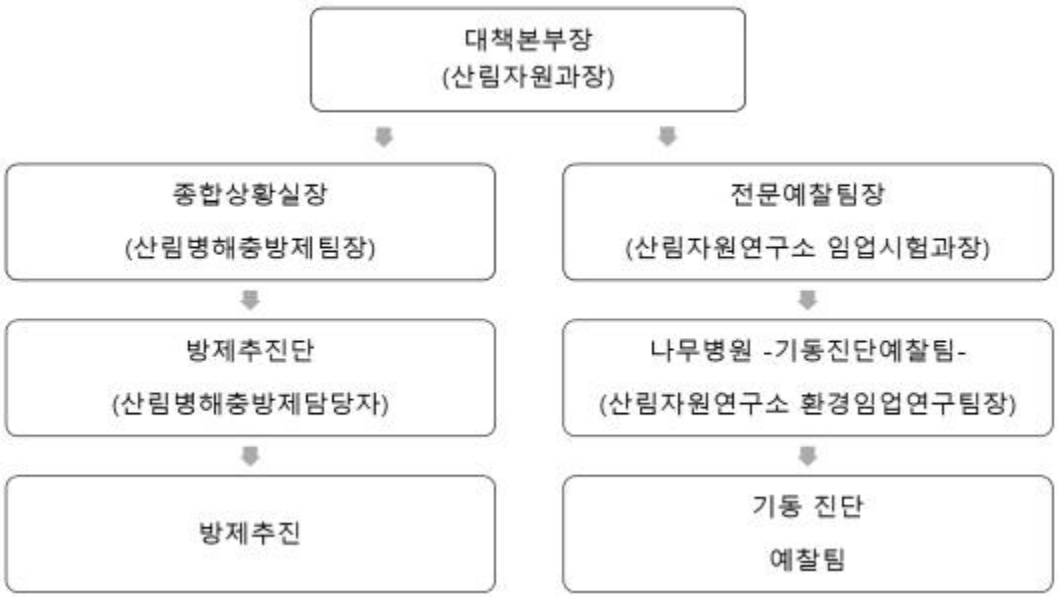


그림 36 충남 2023년 지역 산림병해충 예찰·방제 대책본부 조직도
(자료출처: 충청남도 산림자원과 내부 자료 참고하여 편집)

◯ 도 산림자원과장이 운영 총괄 담당

3) 충남 산림자원연구소의 소나무재선충병 관련 사업 추진

(가) 2019년 안면도 소나무재선충병 방제 기본 설계 용역 사업

○ 태안군 안면도의 재선충 방제 이력 및 발생 특성, 사업구 구획 및 피해 현황, 방제 전략 등의 연구 사업을 진행

- 안면도 특성을 고려한 핵심방제구역 설정 및 방제사업의 방향 설정
- 사업 구역별 직정 방제방법 제시로 방제 효율성 제고

(나) 소나무재선충병 선충 분리 장치 개발

○ 발생 선단지 우선처리 피해목 선충 분리 우수 처리장치 개발

- 재선충 분리시간은 물의 온도가 낮으면 지연되므로 계절에 구애받지 않는 효율적인 재선충 분리 처리장치 개발
- 목재 내에 서식하는 재선충을 물의 온도와 시간별로 침지하여 신속 정확한 분리조건을 갖춘 장치 개발

○ 특허 등록 (2019) 및 기술이전 (하나산림기술, 2019)

나. 충청남도 소나무재선충병 방제 현황

1) 충남 시·군별 소나무재선충병 예찰·방제 사업 현황

○ 충남의 소나무재선충병 예찰·방제 사업은 중부지방산림청과 충청남도 및 15개 시·군에서 협력하여 실시함

- 2022년 예찰·방제 실적 기준으로, 피해가 큰 시·군에서 예찰, 감염목/고사목 제거, 예방나무주사 등을 많이 실시함
- 드론 예찰은 보령시에서만 1,500ha 수행했음
- 흔증처리목은 보령시에 26개소, 청양군에 1개소에서 수집했음
- 감염목은 태안군에서 644본 등 총 1,787본을 제거했음
- 고사목은 청양군에서 1,038본 등 총 4,196본을 제거했음

표 14 2022년 기준 충청남도 소나무재선충병 시·군별 예찰·방제 실적 현황 (1)
(자료출처: 충청남도 산림자원과 내부 자료)

시·군	드론 예찰 (ha)	훈증처리목 수집 (개소)	감염목 제거 (본)	고사목 제거 (본)
계	1,500	27	1,787	4,196
천안시				
공주시			7	27
보령시	1,500	26	68	489
아산시			5	252
서산시			23	151
논산시				
계룡시				
당진시				
금산군				
부여군				
서천군			217	320
청양군		1	399	1,038
홍성군				
예산군			30	3
태안군			644	723
태안사무소			107	713
보령사무소			287	480

- 항공방제는 태안사무소에서만 40ha 면적을 수행했음
- 드론방제는 보령시 74ha 등 총 252ha 면적을 수행했음
- 지상방제는 태안사무소 30ha 등 총 48ha 면적을 수행했음

- 단기 예방나무주사는 보령시 237ha 등 총 1,437ha 면적을 수행했음
- 장기 예방주사는 태안사무소 137ha 등 총 309ha 면적을 수행했음

표 15 2022년 기준 충청남도 소나무재선충병 시·군별 예찰·방제 실적 현황 (2)
(자료출처: 충청남도 산림자원과 내부 자료)

시·군	항공방제 (ha)	드론방제 (ha)	지상방제 (ha)	예방나무주사 (ha)	
				단기	장기
계	40	252	48	1,437	309
천안시				12	15
공주시				28	
보령시		74		230	
아산시				82	
서산시				56	
논산시				25	42
계룡시				5	
당진시				10	20
금산군			18	11	18
부여군		30		177	10
서천군		40		60	6
청양군				33	58
홍성군		60		60	
예산군				41	
태안군				210	3
태안사무소	40		30	170	137
보령사무소		48		227	

2) 충남 시・군별 소나무재선충병 예찰・방제 사업비 현황

○ 충남의 소나무재선충병 예찰・방제 사업비는 2022년 기준 총 10,121백만 원을 사용함

표 16 2022년 기준 충청남도 소나무재선충병 시·군별 예찰·방제 사업비 현황 (자료출처: 충청남도 산림자원과 내부 자료)

시·군	사업비 계 (천원)	국비 (천원)	도비 (천원)	시군비 (천원)
계	10,121,219	804,589	5,458,418	3,858,212
천안시	10,384		3,115	7,269
공주시	120,290	33,039	26,135	61,116
보령시	849,839	159,449	207,106	483,284
아산시	810,974		10,492	800,482
서산시	150,682		15,068	135,614
논산시	153,504	23,601	38,971	90,932
계룡시	17,486		5,246	12,240
당진시	100,091	22,443	23,295	54,353
금산군	47,325		1,944	45,381
부여군	680,500	10,500	45,000	625,000
서천군	574,604	52,460	150,568	371,576
청양군	714,479	147,545	170,038	396,896
홍성군	220,567	56,976	48,861	114,730
예산군	362,869	61,082	90,536	211,251
태안군	827,421	197,469	181,864	448,088
태안사무소	3,885,000		3,885,000	
보령사무소	595,204	40,025	555,179	

표 17 충청남도 소나무재선충병 사업별 예산 현황 (단위, 백만원)
(자료출처: 충청남도 산림자원과 내부 자료)

사업명	계	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23
계	34,823	347	431	800	1,179	1,496	1,127	991	1,617	6,229	10,282	10,324
피해목 제거(국.도비)	1,493	30	139	291	57	423	149	1	22	178	117	86
서식처 제거사업(국.도비)	190	95	95									
예방나무주사 등 복합방제(국.도비)	3,557	75	75	174	322	337	257	143		526	770	878
항공방제(국.도비)	586	14	14	102	226	162	42	26				
지상방제(국.도비)	369	14	14	12	78	107	23	23	24	74		
고사목.피해 우려목 제거(국.도비)	947	25							108	390	358	66
예찰 모니터링 요원(국.도비)	633	94	94	106	69	69	63	68	70			
이동단속 초소 (국.도비)	3,831			115	342	342	444	486	498	504	525	575
훈증처리목 수집 (국.도비)	194				21	56	23	23	15			56
예찰지도원(산자연) (국.도비)	312				64					71	74	103
매개충 나무주사 (국.도비)	126						126					
무인 항공방제 (국.도비)	2,018							221	880	257	144	516
항공.지상.복합예방방제 등(국.도비)	401											401
예방나무주사(단기) (도비 보조)	7,566									1,679	2,967	2,920
예방나무주사(장기) (도비 보조)	1,447									850	597	
예방나무주사(장기/선단지) 도비 보조	1,700									1,700		
우량소나무 장기나무주사 (도비 보조)	9,453										4,730	4,723

- 보령시, 태안군 등 소나무재선충병 피해가 큰 시·군을 중심으로 관련 사업비가 많음
- 사업비는 예방나무주사, 이동단속 초소 운영, 지상/드론/항공 방제, 감염목/고사목 제거, 예찰모니터링 사업 등을 중심으로 많이 사용함

◯ 효율적인 예찰·방제 사업을 위해서는 시·군별 정확한 실태 조사 및 분석뿐만 아니라 지자체의 관심 및 의지 역시 필요

- 전체 사업비 중 국비와 도비를 가장 많이 확보한 곳은 태안군, 보령시, 청양군이었음
- 전체 사업비 중 시·군비의 비율이 가장 높은 곳은 아산시(800백만원, 98.7%)로, 소나무재선충병 예찰·방제에 대한 아산시의 높은 관심과 강한 의지를 보여줌

Chapter V

충청남도의 방제 전략 및 정책 제언

1. 소나무재선충병 방제 전략
2. 효율적 방제를 위한 정책 제언

V. 충청남도의 방제 전략 및 제언

1. 소나무재선충병 방제 전략

가. 충남 소나무재선충병 방제 전략

1) 방제 목표 및 추진 방안

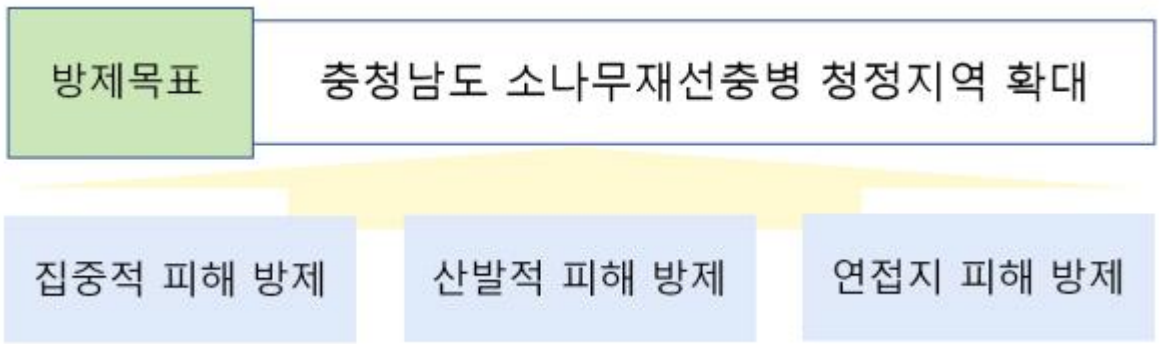


그림 37 충청남도 소나무재선충병 방제 목표 및 추진 방안

○ 소나무재선충병 피해는 최근 10여 년간 전국적으로는 감소하여왔으나, 충남에서는 절대 피해량은 많지 않아도 계속 증가하고 있음

○ 따라서, 충남 소나무재선충병 청정지역 확대라는 방제 목표를 설정하고, 피해 양상에 따라 집중적 피해, 산발적 피해, 연접지 피해로 피해 방제 구역을 구획한 후, 청정지역 확대라는 목표를 달성하기 위해 예찰·방제 사업을 추진할 것을 제안함

○ 충남에는 서해안 일대, 특히 보령시와 태안군의 피해가 심하며 이 지역을 중심으로 소나무재선충병이 확산할 우려가 크므로, 집중 방제를 통해 피해를 감소시키고 청정하게 만드는 데에 방제목표를 두어야 함

○ 그 외 산발적으로 피해가 집중된 청양군이나 피해가 상대적으로 적은 내륙권도 철저한 예찰과 적극적인 방제로 청정지역을 확대하는 데에 방제목표를 두어야 함

○ 대전, 세종, 경기, 충북, 전북과 가까운 시·군의 일부 지역은 해당 연접지로부터 소나무재선충병이 확산될 수 있으므로, 지자체 사이의 긴밀한 협조를 통해 예찰·방제 사업을 추진해야 함

2) 방제 전략도

○ 소나무재선충병 발생 상황을 고려하여, 집중적 피해 방제구역, 산발적 피해 방제구역, 연접지 피해 방제구역으로 구획함[8)]

- 각 시·군은 병 발생 양상에 따라 집중적 피해 방제구역, 산발적 피해 방제구역 및 연접지 피해 방제구역을 동시에 속할 수 있음

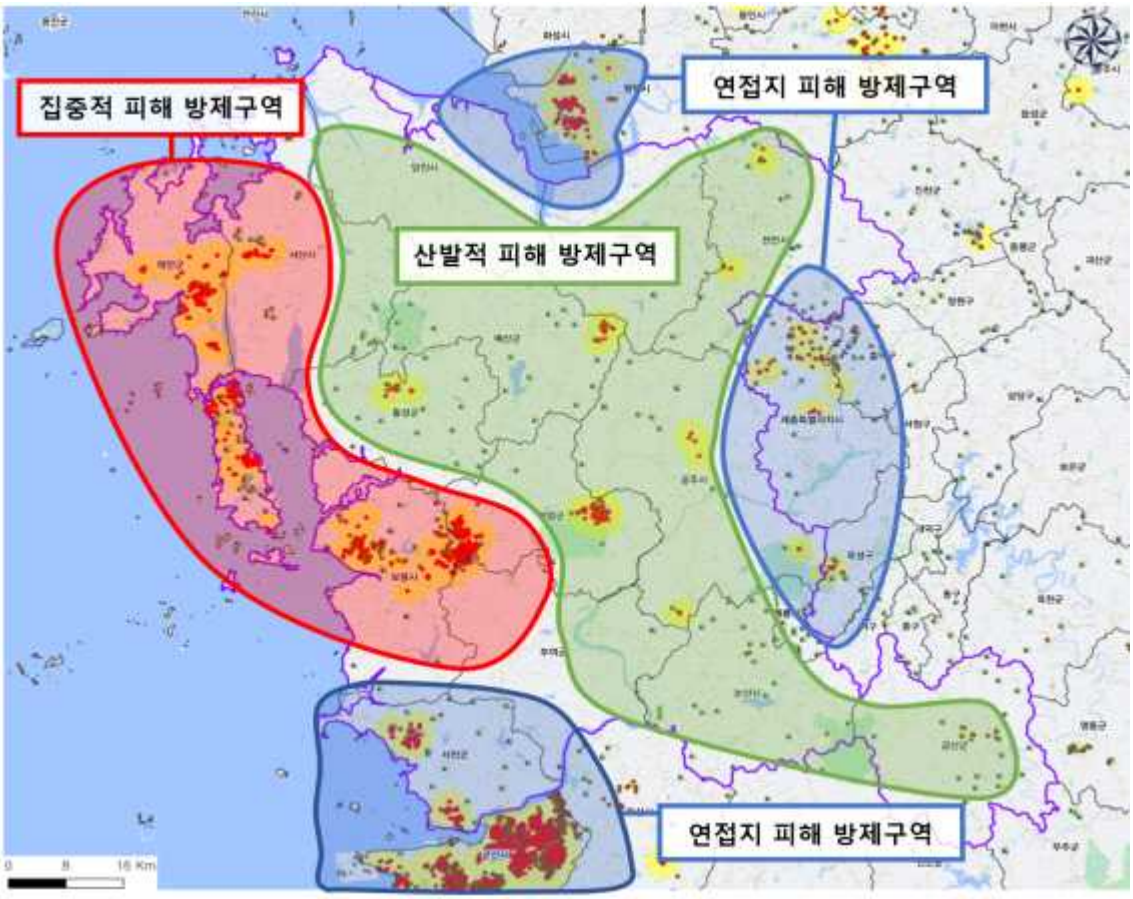


그림 38 충청남도 소나무재선충병 방제 전략도

8) 한국임업진흥원 소나무재선충병 발생상황도(2017.5~2022.4, 충청남도)를 참고하여 구획함

- 집중적 피해 방제구역은 보령시와 태안군을 중심으로 구획됨
- 산발적 피해 방제구역은 공주시, 청양군, 홍성군, 예산군, 부여군 등을 중심으로 구획됨
- 연접지 피해 방제구역은 경기도와 가까운 당진시와 아산시 권역, 세종시 및 충북과 맞닿은 천안시와 공주시 권역, 전북과 인접한 서천군 권역 등을 중심으로 구획됨

나. 시·군별 우선 순위 방제 방안

○ 천안시

- 주로 산발적 피해 방제구역으로 직산읍 및 신방동에 피해 발생
- 경기 및 충북과 맞닿은 곳은 연접지 피해 방제구역으로 예찰 철저
- 고사목이 나타나는 곳은 검경을 실행하고, 감염목이 나타날 경우 소구역모두베기 및 합제나무주사 실행 제안
- 감염목이 나타나지 않으면 검경 실행 고사목만 단목 방제 및 예방나무주사 실행 제안

○ 공주시

- 주로 산발적 피해 방제구역으로 우성면에 감염목 발생
- 대전과 맞닿아 있는 반포면에도 피해 발생
- 예찰을 철저히 하고 고사목은 검경을 실행하고, 감염목이 나타날 경우 소구역모두베기 및 합제나무주사 실행 제안
- 감염목이 나타나지 않으면 검경 실행 고사목만 단목 방제 및 예방나무주사 실행 제안

○ 보령시

- 주로 집중적 피해 방제구역으로 태안군과 가까운 주교면, 그리고 청양군 및 부여군과 가까운 청라면 및 성주면 일대에 주로 피해
- 연속적 피해가 나타나는 지역의 모든 고사목을 제거 제안

- 일부 지역에서는 산발적 피해가 나타나므로 예찰을 철저히 하며 고사목은 검경을 실행하고, 감염목이 나타날 경우 소구역모두베기 및 합제나무주사 실행 제안
- 감염목이 나타나지 않으면 검경 실행 고사목만 단목 방제 및 예방나무주사 실행 제안

◯ 아산시

- 주로 산발적 피해 방제구역으로 2022년부터 피해 발생 보고
- 경기 평택시와 맞닿은 곳은 연접지 피해 방제구역으로 인위적 추가 확산을 막기 위해, 철저한 예찰과 함께 소나무이동단속초소 설치 및 운영 등을 제안
- 고사목이 나타나는 곳은 검경을 실행하고, 감염목이 나타날 경우 소구역모두베기 및 합제나무주사 실행 제안
- 감염목이 나타나지 않으면 검경 실행 고사목만 단목 방제 및 예방나무주사 실행 제안

◯ 서산시

- 주로 집중적 피해 방제구역으로 태안군과 가까운 팔복면, 인지면 일대에 주로 피해 발생
- 감염목 발생으로 선단지로 구획된 지역에서는 감염목과 피해고사목은 소구역모두베기 실행 및 합제나무주사 실행 제안
- 선단지 외 지역에 고사목이 단목 형태로 나타나는 곳은 검경을 실행하고, 감염목이 나타날 경우 선단지를 조정하고 소구역모두베기 및 합제나무주사 실행 제안하며, 감염목이 나타나지 않을 경우 검경 실행 고사목만 단목 방제 실행 제안

◯ 논산시

- 주로 산발적 피해 방제구역으로 2015~2018년 감염목이 발생한 적이 있음
- 고사목이 나타나는 곳은 검경을 실행하고, 감염목이 나타날 경우

선단지를 조정하고 소구역모두베기 및 합제나무주사 실행 제안

- 감염목이 나타나지 않으면 검경 실행 고사목만 단목 방제 및 예방 나무주사 실행 제안

○ 계룡시

- 2023년 7월까지는 병 발생 보고가 없었으나, 인접한 대전 유성구에는 병이 발생하였으므로 확산을 막기 위해 철저한 예찰 필요

○ 당진시

- 주로 산발적 피해 방제구역으로 2022년부터 피해 발생 보고
- 경기 평택시와 인접한 곳은 연접지 피해 방제구역으로 확산을 막기 위해 철저한 예찰 필요
- 고사목이 나타나는 곳은 검경을 실행하고, 감염목이 나타날 경우 소구역모두베기 및 합제나무주사 실행 제안
- 감염목이 나타나지 않으면 검경 실행 고사목만 단목 방제 및 예방 나무주사 실행 제안

○ 금산군

- 주로 산발적 피해 방제구역으로 2021년 감염목이 발생한 적이 있음
- 고사목이 나타나는 곳은 검경을 실행하고, 감염목이 나타날 경우 선단지를 조정하고 소구역모두베기 및 합제나무주사 실행 제안
- 감염목이 나타나지 않으면 검경 실행 고사목만 단목 방제 및 예방 나무주사 실행 제안

○ 부여군

- 주로 집중적 피해 방제구역으로 보령시 및 청양군과 가까운 외산면 일대에 주로 피해
- 외산면 피해 지역은 병 확산의 거점이 될 수 있는 연속 피해지이므로 모든 고사목을 제거하는 방제를 실행
- 그 외 일부 지역에서는 산발적 피해가 나타나므로 예찰을 철저히 하며 고사목은 검경을 실행하고, 감염목이 나타날 경우 고사목은

소구역모두베기 및 합제나무주사 실행 제안

- 감염목이 나타나지 않으면 검경 실행 고사목만 단목 방제 및 예방 나무주사 실행 제안

○ 서천군

- 전북 군산과 맞닿아 있는 연접지 피해 방제구역으로 남쪽의 장항읍과 마서면, 그리고 북쪽의 종천면, 비인면 등에 주로 피해 발생
- 남쪽 피해 지역은 병 확산의 거점이 될 수 있는 연속 피해지이므로 전북과 협조하면서 모든 고사목을 제거하는 방제를 실행하며, 특히 군산시 피해밀접지역으로부터 인위적 추가 확산을 막기 위해, 소나무이동단속초소 설치 및 운영을 제안
- 북쪽 피해 지역은 예찰을 철저히 하고 고사목은 검경을 실행하며, 감염목이 나타날 경우 고사목은 소구역모두베기 및 합제나무주사 실행 제안
- 감염목이 나타나지 않으면 검경 실행 고사목만 단목 방제 및 예방 나무주사 실행 제안

○ 청양군

- 집중적 피해 방제구역으로 보령시와 가까운 화성면과 남양면 일대에 주로 피해가 발생
- 산발적 피해 방제구역으로 칠갑산이 있는 정산면 일대에 집중 피해
- 연속 피해지역은 모든 고사목을 제거하는 모두베기를 실행
- 그 외 산발적 피해 지역은 예찰을 철저히 하고 고사목은 검경을 실행하며, 감염목이 나타날 경우 소구역모두베기 및 합제나무주사 실행 제안
- 감염목이 나타나지 않으면 검경 실행 고사목만 단목 방제 및 예방 나무주사 실행 제안

○ 홍성군

- 주로 산발적 피해 방제구역으로 구항면과 갈산면 등에 감염목 발생

- 예찰을 철저히 하고 고사목은 검경을 실행하고, 감염목이 나타날 경우 소구역모두베기 및 합제나무주사 실행 제안
- 감염목이 나타나지 않으면 검경 실행 고사목만 단목 방제 및 예방 나무주사 실행 제안

○ 예산군

- 주로 산발적 피해 방제구역으로 대술면 일대에 집중 피해
- 예찰을 철저히 하며 고사목은 검경을 실행하고, 감염목이 나타날 경우 소구역모두베기 및 합제나무주사 실행 제안
- 감염목이 나타나지 않으면 검경 실행 고사목만 단목 방제 및 예방 나무주사 실행 제안

○ 태안군

- 집중적 피해 방제구역으로 태안읍과 안면읍 중심으로 피해가 심함
- 태안읍, 안면읍, 고남면 일대에 연속적 피해가 나타나므로 모든 고사목을 제거하는 방제 실행 제안
- 일부 지역에서는 산발적 피해가 나타나므로 예찰을 철저히 하며 고사목은 검경을 실행하고, 감염목이 나타날 경우 소구역모두베기 및 합제나무주사 실행 제안
- 감염목이 나타나지 않으면 검경 실행 고사목만 단목 방제 및 예방 나무주사 실행 제안

2. 효율적 방제를 위한 정책 제언

가. 중장기 예찰·방제를 위한 설계

1) 배경 및 필요성

○ 매년 예산에 맞춰 방제 대상지를 선정하므로 발병 정도를 고려하지 않아 방제 효율성 낮음

○ 지자체 담당 공무원 변경 시, 기존 방제와 연속성이 감소하는 경우 발생

2) 제안 정책

○ 충청남도는 의회, 각 시·군, 산림청, 전문가 및 실무자와 협력하여 중장기 예찰·방제계획을 세우고 전체 대상지를 분할 설정하며, 실제 발병 양에 따라 탄력적으로 예찰·방제에 적용

3) 기대효과

○ 담당자 변경이나 조직 변화에도 소나무재선충병 관리에 탄력적으로 대처할 수 있고, 전체 대상지에 대한 효율적 관리 가능

나. 지자체 주도의 협력 기반 방제

1) 배경 및 필요성

○ 방제계획 및 예산 수립, 국가 선단지 및 핵심확산지역 관리, 그리고 시·군 선단지 관리 및 방제에서 충청남도와 각 시·군 그리고 (중부지방)산림청의 역할 분담이 명확하지 않아 효율적 방제가 어려움

○ 일부 지역은 여러 시·군에 걸쳐 피해지가 연결되어 있으나 방제 여건이 서로 달라 병 방제 효과가 낮고 재발생율이 높음

2) 제안 정책

○ 충청남도는 전체 대상지에 대한 중장기 방제계획을 주도적으로 수립하고, 국가 선단지 및 핵심확산지역의 관리는 중부지방산림청 및 국유림관리소가 주도하고, 시·군 선단지 관리 및 방제는 각 시·군이 주도하는 것으로 역할 분담하고 협력

○ 충청남도는 중장기 방제계획에 따라 우선 방제 대상지에 대한 사전 설계를 진행하여 중장기 연도별 예산을 수립하고, 병 발생 시 긴급대처가 가능하도록 예비비 수립

○ 피해 지역 관계 기관은 서로 정보를 공유하고 협력

3) 기대효과

○ 방제 주체 및 역할의 혼돈을 줄이고 소나무재선충병 관리에 협력 대처할 수 있으며, 지자체가 주도하여 전체 대상지를 효율적으로 관리 가능

다. 사전 예방에 중점을 둔 예찰·방제 강화

1) 배경 및 필요성

○ 나무주사 등의 사전 예방사업이 미흡하여 발병량이 많아지면, 피해고사목을 벌채하는 사후 방제가 확대되고 경제·생태적 피해가 커질 것이 예상되며 소나무재선충병 근절 역시 어려움

○ 나무주사 약제 간 약효 및 환경 부작용(독성으로 인한 꿀벌 피해, 송화가루 농약잔류, 잦은 천공으로 소나무류 고사 등)이 서로 다를 수 있으므로, 약제의 최종 선정은 산림청 약종선정심의위원회에서 결정

○ 일부(단기 제네릭 또는 카피제품으로 알려짐) 예방나무주사 시공지(예, 태안군, 보령시)에 재선충병 재발생

○ 나무주사 방제범위는 산림청의 『소나무재선충병 방제지침』을 따라야 하나, 예방 효과 제고를 위해 나무주사 적용 범위를 확대해야 한다는 현장 의견이 있음

2) 제안 정책

○ 나무주사 약효가 우수한 합제(예, 아세타미프리드+에마멕틴벤조에이트) 또는 장기적이고 안정적 효과가 있는 나무주사의 약제를 선택하여 적용

○ 병발생 일부 지역의 경우 재발생 방지를 위한 관리 강화 차원으로 예방나무주사 방제 범위 확대를 건의

3) 기대효과

○ 장기적으로 효과가 우수하고 독성 피해가 적은 나무주사의 확대 적용으로 재선충병 예방에 적극 대처하고 환경 피해를 최소화하는 것이 가능

라. 예찰·방제단의 현실적 운영 및 교육

1) 배경 및 필요성

○ 저출산, 고령화 및 인구 유출로 일부 시·군은 산림병해충 예찰·방제단 모집에 어려움을 겪고 있음

○ 주로 재정지원 일자리사업의 일환으로 예찰·방제단을 모집 운영하고 있지만 정부의 고용 기준이 엄격하여 산림병해충 관리에 숙련된 어르신 작업자들이 고용 우선순위에서 멀어지는 문제가 발생함

2) 제안 정책

○ 산림병해충 관리에 능숙한 시니어(예, 60세 이상) 민간 예찰·방제단을 구성하고 체력·안전 관리를 통해 작업자들의 건강을 유지하며 정기적 교육을 통해 관련 지식을 배양

3) 기대효과

○ 인구 감소에 따른 예찰·방제 인력난 해소 및 시니어 일자리 창출 효과 제고

마. 예찰 분석 시스템 실용화 방안

1) 배경 및 필요성

○ 한국임업진흥원 산림병해충모니터링센터에서는 무인항공기(드론) 등으로 감염의심목 등 현장 상황을 촬영하여 충남도에 제공함으로써 각 시·군의 소나무재선충병 예찰을 지원함

○ 충남도로부터 감염의심목의 좌표를 받은 각 시·군은 현장을 방문하여 검경 의뢰를 통해 피해 상황을 파악하는 등 예찰 활동을 함

○ 시·군에서의 재선충병 예찰은 감염의심목을 주민 신고 또는 예찰·방제단에 의해 현장 확인하면서 진행하는 경우가 많고, 스마트화 및 정밀화 예찰 시스템을 구축하기에는 예산과 인력상의 현실적 난관이 있음

2) 제안 정책

○ 충남도는 GIS 등을 활용한 재선충병 예찰 분석 시스템을 구축하고 고도화 및 실용화

○ 감염의심목, 피해고사목, 방제목의 좌표를 DB 관리하고 병의 확산 방향, 속도 및 규모 등을 예측할 수 있도록 담당 전문인력 충원

3) 기대효과

○ 예찰 분석시스템 구축 및 실용화로 시·군 예찰 스마트화 및 정밀화 지원

○ 시스템 구축을 통해 재선충병 관리 담당자가 변경되더라도 공백 없는 예찰·방제 가능

바. 피해고사목 및 미이용 고사목 활용 지원

1) 배경 및 필요성

○ 소나무재선충병 피해고사목은 열처리를 통해 산업용 또는 농업용으로 활용할 수 있으나 제대로 활용되고 있지 않음

2) 제안 정책

○ 피해고사목 파쇄산물을 유효 자원화하여 자원 순환을 추진하는 시·군에 사업비를 보조하거나 인센티브 부여

3) 기대효과

○ 소나무재선충병 벌채 산물에 대한 이미지 개선 및 홍보

○ 벌채 산물 재활용 관련 일자리 창출

사. 기타

1) 소나무재선충병의 심각성과 방제의 중요성에 대한 홍보 및 교육

2) 충남 소나무재선충병 연구 기능 강화

Chapter

VI 참고문헌

1. 국내외 참고문헌
2. 홈페이지

Ⅵ. 참고문헌

1. 국내외 참고문헌

○ 경남연구원. 2021. 경상남도 소나무재선충병 확산 대응방안 연구

○ 경향신문. 2022. 우리 국민이 좋아하는 나무 1위는 소나무. 2022년 8월 10일 기사

○ 국립산림과학원. 2014. NEW 소나무재선충병의 생태와 방제

○ 국립산림과학원. 2016. 유럽의 소나무재선충병 발병 현황 및 방제 전략과 시사점

○ 국립산림과학원. 2020. ICT 기반 소나무재선충병 예찰 및 감염목 탐지 기술개발

○ 국립산림과학원. 2020. 소나무재선충병 선제적 맞춤형 방제전략 및 기술 연구 2016~2019

○ 국립산림과학원. 2021. BT 기반 소나무재선충병 친환경 방제제 개발(2016~2020)

○ 국립산림과학원. 2023. 소나무재선충병 피해확산 저지를 위한 종합관리시스템 구축 연구

○ 김종국 등. 2019. 삼고 산림보호학. 향문사

○ 박완혁, 고동욱, 권태성, 남영우, 권영대. 2018. 경기도의 소나무재선충병 피해 확산 양상 분석: 2008~2015년 예찰데이터를 기반으로. 한국산림과학회지 107:486-496

○ 부산발전연구원. 2007. 부산지역 소나무재선충병 피해 확산에 따른 대응방안

○ 산림청. 2018. 제6차 산림기본계획(2018년~2037년)

○ 산림청. 2021. 제2차(2021~2030) 산림병해충 예찰・방제계획

○ 산림청. 2023. 2022 임업통계연보 제52호

○ 산림청. 2023. 소나무재선충병 방제지침(2023년 4월 5일 시행)

○ 심상택, 이성희, 이차영, 남영우. 2021. 국내 소나무재선충병 발생 특성 분석: 2016~2018년 예찰데이터를 기반으로. 한국산림과학회지 110:280-288

○ 중부지방산림청. 2020. 중부권 소나무재선충병 방제전략 및 산림관리방안 연구

○ 제주특별자치도. 2017. 2017년도 제주맞춤형 소나무재선충병 조사연구 및 방제전략

○ 충청남도. 2023. 2022 제62회 충청남도 통계 연보

○ 충청남도 산림자원연구소. 2019. 2019년 안면도 소나무재선충병 방제 기본설계

○ 한국농촌경제연구원. 2018. 기후변화에 따른 산림병해충 영향과 대응과제

○ Matsunaga K and Togashi K. 2009. Seasonal change in susceptibility of *Pinus densiflora* to *Bursaphelenchus xylophilus* infection determined from the number of nematodes passing through branch sections. Nematology 11: 409-418.

○ Shibuya H and Kikuchi T. 2008. Purification and characterization of recombinant endoglucanases from the pine wood nematode *Bursaphelenchus xylophilus*. Biosci. Biotechnol. Biochem. 72: 1325-1332.

○ Togashi K and Matsunaga K. 2003. Between-isolate difference in dispersal ability of *Bursaphelenchus xylophilus* and vulnerability to inhibition by *Pinus densiflora*. Nematology 5: 559-564.

2. 홈페이지

○ 국가법령정보센터 (소나무재선충병 방제특별법: 2023년 8월 15일 접속): https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%EC%86%8C%EB%82%98%EB%AC%B4%EC%9E%AC%EC%84%A0%EC%B6%A9%EB%B3%91%EB%B0%A9%EC%A0%9C%ED%8A%B9%EB%B3%84%EB%B2%95

○ 산림청 (소나무재선충 현미경 사진; 2023년 8월 1일 접속): https://eng-nifos.forest.go.kr/kfsweb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?mn=NKFS_02_02_02_01_03&cmsId=FC_001186#&gid=1&pid=1

○ 한국임업진흥원 (소나무재선충 생활사 및 생태; 2023년 8월 1일 접속): https://www.kofpi.or.kr/intro/bizGuide_08_04.do