

## 감염목 벌채 톱밥에 포함된 소나무재선충의 뿌리 감염 불가능성

이승규\* · 박주용<sup>1</sup> · 이충규<sup>2</sup> · 황진현<sup>3</sup> · 문일성 · 전향미<sup>4</sup> · 허혜순<sup>4</sup>

국립산림과학원 산림병해충연구과, <sup>1</sup>국립식물검역원 중부지소, <sup>2</sup>국립진주산업대학교 산림자원학과, <sup>3</sup>경상남도 산림환경연구소, <sup>4</sup>국립산림과학원 남부산림연구소

## Improbability of Root Infection by the Pine Wood Nematode in Sawdust Discharged from Chain Saw Lumbering of Infected Trees

Seung Kyu Lee\*, Joo Young Park<sup>1</sup>, Chong Kyu Lee<sup>2</sup>, Jin Hyun Whang<sup>3</sup>, Il Sung Moon, Hyang-Mi Cheon<sup>4</sup> and He Soon Heo<sup>4</sup>

Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

<sup>1</sup>Jungbu Regional Office, National Quarantine Service of Korea, Incheon 402-835, Korea

<sup>2</sup>Jinju National University, Jinju 660-758, Korea

<sup>3</sup>Gyeongsangnamdo Forest Environmental Research Institute, Jinju 660-871, Korea

<sup>4</sup>Southern Forest Experimental Station, Korea Forest Research Institute, Jinju 660-330, Korea

(Received on November 2, 2010; Accepted on November 22, 2010)

**Objective of this study is to examine whether pine wood nematode (PWN: *Bursaphelenchus xylophilus*) in the sawdust discharged from infected trees cause pine wood disease or not. For this, survival time of PWN in soil was examined in which soil moisture was controlled as 15%, 22.5%, and 30% in volume ratio, respectively. The pathogenicity tests were conducted under greenhouse and field conditions. Survival time of PWN in soil was about three days in the saturated (about soil moisture of 23% in volume ratio) and dark condition between 25 and 28°C of room temperature. None of potted seedlings with non-wounded roots was infected by PWN in sawdust. In field, pine wood disease was not occur in any pine trees. These results indicated that PWN discharged on soil when the infected trees were cut by chain saw can not cause pine wood disease.**

**Keywords :** *Bursaphelenchus xylophilus*, Root infection, Sawdust

1988년 부산시 금정산에서 처음 발견된 소나무재선충병(*Bursaphelenchus xylophilus*)은 2005년의 발생면적 7,811 ha, 제거본수 862,542본을 기점으로 피해가 점차 감소추세에 있다(산림청, 2009a, 2009b; Shin, 2008). 그러나 남부지역을 중심으로 피해가 지속적으로 발생하고 있으며, 경기도와 제주도 등에서 산발적으로 발생하고 있는 등 아직도 우리나라 소나무림을 위협하는 가장 무서운 병해로 남아 있다(산림청 2009; Shin, 2008).

소나무재선충병의 방제방법으로 살선충제인 아바멕틴 유제 1.8%와 에마멕틴벤조에이트유제 2.5%의 나무주사,

티아클로프리드 1,000배액의 항공살포, 소구역 모두베기, 감염목 소각 등 여러 방법이 개발되어 적용되고 있으나 감염목을 벌채하고 Metam-sodium(25%)으로 훈증하는 방법이 방제현장에서 아직도 많이 사용되고 있다(산림청, 2009). 소나무재선충병 방제현장의 담당자들 중에는 감염목을 벌채한 후에도 지속적으로 피해목이 나타나고 있는 것이 기계톱을 이용하여 고사목을 베어낼 때 배출되는 톱밥에 포함되어 있는 소나무재선충이 토양으로 이동 후 뿌리를 통하여 주변 나무로 감염되고 이것이 소나무재선충병이 계속 확산되고 있는 이유 중의 하나라는 의심을 갖고 있다.

소나무재선충의 토양 내에서의 이동 및 뿌리를 통한 감염여부는 외국에서도 논란이 있으며 실험방법에 따라 각기 다른 결과를 보여주고 있다고 생각된다. 예를 들면

\*Corresponding author

Phone) +82-2-961-2671, Fax) +82-2-961-2679

Email) leesk77@forest.go.kr

일본의 Kitohara와 Tokushige(1971)와 중국의 Yang(1991)은 토양 내 뿌리에서의 상처 및 무상처 접종 모두에서 뿌리감염이 가능하다고 보고하였으나 Tamura(1983a)와 Mamiya와 Shoji(1989)는 토양 내 무상처 뿌리감염은 불가능하다고 보고하였다. 특히 Mamiya와 Shoji(1989)는 Kitohara와 Tokushige (1971)의 발표내용을 반박하면서 상처가 없는 뿌리에 대하여 소나무재선충을 접종하였을 때 병이 발생하였다고 하였으나, 이는 실험방법상의 오류에 기인한 것이라고 하였다. 스트로브잣나무를 공시목으로 소나무재선충의 뿌리감염 여부에 대한 실험에서도 상처가 없는 경우 뿌리감염을 발생하지 않는다고 보고된 바 있다(Halik와 Bergdahl, 1990(재인용)).

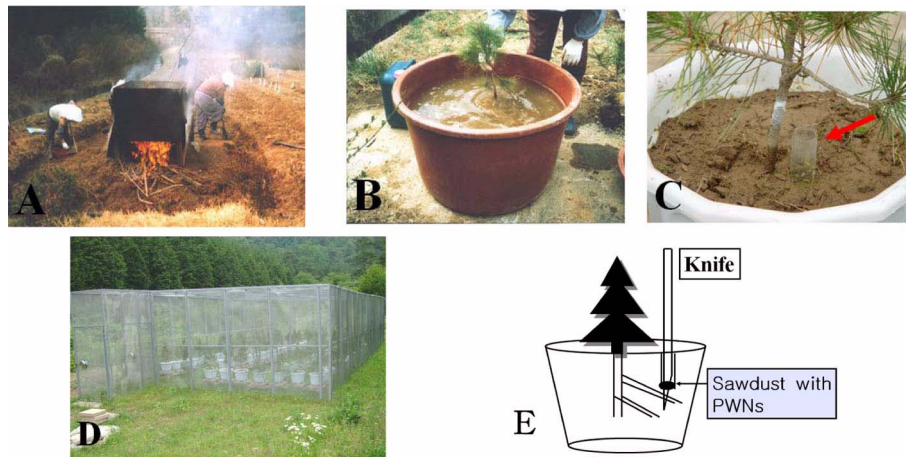
이러한 기존 연구결과를 종합하여 볼 때 소나무재선충병 피해지에서 소나무재선충이 뿌리를 통하여 이웃 나무로의 전파가 가능 또는 불가능한지에 대한 결론은 먼저 뿌리감염이 발생하기 위한 조건이 어떤 것인지에 대한 검증, 즉 1) 토양 내에서 소나무재선충이 생존할 수 있는 조건 및 생존가능기간, 2) 소나무재선충이 뿌리를 직접 뚫고 침입할 수 있는가 등에 대하여 실험적으로 밝혀야 한다고 생각된다.

본 연구에서는 소나무재선충병이 감염된 나무를 벌채할 때 배출되는 벌채톱밥에 포함되어 있는 소나무재선충이 뿌리감염을 일으킬 수 있는 가능성을 구명하기 위하여 수행되었으며, 이를 위해 실내에서 습도가 조절된 포트 토양에서의 소나무재선충 생존가능기간, 뿌리의 상처

유무가 확인할 수 있도록 조절된 접종환경에서의 곰솔 묘목에 대한 접종실험, 그리고 소나무재선충병의 발생에 최적인 토양 습도 및 온도 조건에서 소나무재선충이 포함된 톱밥을 이용한 야외실연시험 등을 수행하였다.

## 재료 및 방법

**소나무재선충의 토양 내 생존기간.** 소나무재선충의 토양 내 생존기간(능력)을 알아보기 위하여 국립산림과학원 홍릉수목원의 일반 산림토양을 멸균(50분, 121°C, 1.5 기압)하고 완전히 건조(90°C, 72시간)시켜 건조량을 구하고 3가지 습도조건(약간 15%, 적윤 22.5%(토양을 째 쥐었을 때 물이 스며 나오는 정도), 과습 30%(손에 올렸을 때 물이 흐르는 정도); 이상 체적비율)으로 처리한 후 플라스틱 용기(높이 30 cm, 직경 20 cm)에 담았다. 용기토양 표면 5 cm 아래에 용기 당 유리 샤프를 4개씩을 위치시킨 후 소나무재선충 10,000마리를 분주하고 다시 토양으로 덮었다. 습도 유지를 위하여 토양 용기를 알루미늄 호일로 실링하였으며, 암(暗) 상태의 배양실(25~28°C)에 정치하였다. 소나무재선충의 시간 경과별 생존율은 매 3시간마다 소나무재선충을 꺼내어 500~600 mesh체로 거른 후 100마리에 대한 생존율을 실체현미경으로 조사하였으며, 실험기간은 약 6일간(약 150시간)이었고, 이 실험에 대한 대조로 멸균수에서의 소나무재선충의 생존율을 위 실험과 동일한 장소와 방법으로 6시간마다 조사하



**Fig. 1.** Preparation of potted seedlings with/without precise root wounding for inoculation test of pine wood nematode (PWN) (A-D). Pot soil was burned for 20-30 minutes and treated with lime sulfur for killing soil insects and pathogens (A, B). A test tube (arrow, 100 mm in length and 18 mm in diameter) was inserted and placed about 0.5 cm apart from roots when four-year old Japanese black pine seedlings were planted in pots (C). All of the potted seedlings were placed in the steel-net cage (3 m × 3 m in width) in order to protect the seedlings from attacks of vector (*Monochamus alternata*) of pine wood nematode and other insects on 21th of March (D). For the inoculation of pine wood nematode on wounded roots, the test tubes were carefully removed with injecting sterile water, sawdust including PWNs was placed at the bottom of the hole and roots were cut with knife (E). Inoculation experiment was carried out on 25th of July about four months after planting seedlings in pots.

였다. 각 습도처리별 용기 2개(2반복)에는 수분측정계를 설치하여 용기 토양의 온도 및 습도의 변화 유무를 함께 조사하였으며, 측정 데이터는 데이터 로거(Yokogawa MV200)를 이용하여 6시간 마다 기록하고 실험 종료 후 토양 내 온도 및 습도의 변화 유무를 점검하였다.

**묘목 접종 실험.** 본 실험은 경상남도 산림환경연구원 묘포장(경상남도 진주시 이반성면)에서 수행하였다. 산림 토양 내 미소동물에 의한 뿌리상처의 발생가능성을 배제시키기 위하여 공시토양을 철관위에서 “불”로 약 20-30 분간 구운 후 공시묘목(곰솔 3년생)의 이식토양으로 사용하였으며(Fig. 1A), 공시묘목은 뿌리에 부착된 토양을 모두 제거하고 석회유황합제에 수 초간 담금처리를 하였다(Fig. 1B). 소나무재선충 접종 시 뿌리에서의 미세한 상처발생을 방지하기 위하여 시험관(직경 18 mm, 길이 100 mm) 1개씩을 뿌리에 약 0.5 cm 내외로 근접, 배치하였으며(Fig. 1C), 모든 공시목은 소나무재선충의 매개충인 솔수염하늘소의 침입과 기타 곤충에 의한 피해로부터 보호하기 위하여 3×3 mm 메쉬의 철사망의 성장상내에 2005년 3월 21일에 배치를 완료하였다(Fig. 1D). 소나무재선충의 처리는 공시묘목의 활착과 공시목 이식 시 발생가능한 상처의 아무는 기간을 고려하여 공시목 이식 약 4개월 후인 2005년 7월 25일에 수행하였으며, 소나무재선충의 접종은 처리 1) 뿌리상처 후 소나무재선충 뿌리 근접접종, 처리 2) 뿌리 무상처-소나무재선충 뿌리 근접접종, 처리 3) 뿌리상처 후 소나무재선충 포함 톱밥의 토양 표면 처리, 처리 4) 소나무재선충 줄기 접종(대조 1, 상기 1-3 처리에 대한 소나무재선충의 병원성 확인), 처리 5) 소나무재선충 무접종(대조 2, 상기 4번 처리에 대한 대조) 등 5개 방법으로 실시하였다. 공시목의 뿌리에 대한 소나무재선충의 접종은 공시목 준비 시 매설된 시험관 주위에 멸균수를 부으면서 뿌리에 상처가 생기지 않도록 시험관을 제거하고 제거한 부위에 소나무재선충(10,000마리)이 포함된 소나무톱밥을 뿌리에 근접(약 0.5 cm) 되도록 접종하였으며, 소나무재선충의 인공접종이 완료된 후 즉시 낮으로 접종부위 주변 뿌리를 절단하여 뿌리에 상처를 주었다(Fig. 1E). 소나무재선충의 인공접종 후 최초 2주간은 매 2일마다 1회씩 충분히 물을 관주하였고, 그 후는 5일 간격으로 물을 주었다. 시험의 균일성과 적절한 물 관리를 위하여 철망의 상단부에 비닐로 덮고 공시목 화분 밑에는 시멘트 블록을 놓아 강우 및 지면으로부터의 수분이입을 차단하였다. 공시목의 수(반복)는 처리 1-3은 각각 25본, 처리 4-5는 각각 11본이었으며, 성적조사는 소나무재선충 접종 78일 후인 2005년 10월 5일에 하였다.

**야외 실연시험.** 본 실연시험은 벌채톱밥에 의한 뿌리 감염이 가능한지를 알아보기 위하여 소나무재선충병 피해지인 경남 진주시 남부산림연구소 월아시험림에서 수행되었다. 실연시험에 사용된 나무는 북향의 동일사면에 위치하는 60본(3처리×20나무)으로 흉고직경은 평균 19.07 cm(13.0~29.5 cm)이었으며, 소나무재선충 보유 톱밥 처리일인 2007년 7월 11일 당시 외관상 모두 건전하였다. 뿌리에 대한 상처처리는 각 나무의 줄기로부터 약 1 m 떨어진 곳의 토양(깊이 10-20 cm, 넓이 1×1 m)을 처리 1) 발길질에 의한 뿌리상처내기(소나무재선충병 감염 고사목 벌채현장에서 작업인부 또는 기계톱에 의한 고사목 벌채 시 발생가능한 상처), 처리 2) 삽에 의한 뿌리절단(가장 확실한 뿌리상처 내기) 등 두 가지로 뿌리에 상처를 내었으며, 소나무재선충병 감염 고사목으로부터 상처처리 하루 전에 조제된 엔진톱에 의한 벌채톱밥 2리터(포함된 소나무재선충 수는 2,500마리)를 살포한 후 주변의 흙으로 덮었다. 이들 뿌리상처처리에 대한 대조구로 뿌리에 인위적인 상처처리를 하지 않은 나무(20본) 주변에 소나무재선충보유 톱밥을 상처처리 나무와 동일한 면적의 지면에 살포하였다. 소나무재선충 톱밥 처리는 3일간 강우가 그친 직후인 7월 11일에 실시하였으며, 3일간 매일 각 시험구내 5개소에서 깊이 10-20 cm의 토양에 대한 습도를 조사하였다. 접종 30일과 68일 후 2회에 걸쳐 시험구내 처리 20 나무 중 임의로 선택한 10 나무에 대하여 지면에서 1 m와 2 m 이하 줄기부분의 2개 부위와 뿌리 2개 부위 등 모두 4개 부위에서 시료를 채취하고, 소나무재선충병 감염목을 진단할 때 사용하는 통상적인 방법에 준하여 Baermann 분리법으로 소나무재선충의 존재여부를 조사하였다(신 등, 2007). 소나무재선충 특이 primer에 의한 소나무재선충의 검출을 위한 PCR 시료는 각 나무 당 0.5, 1.5 m 높이의 2개 부위(반복)에서 전기드릴 천공에 의한 배출톱밥을 채집하여 공시재료로 하였으며, “발길질에 의한 뿌리상처 처리”를 한 나무 중 3본을 임의로 선정하여 Burgermeister 등(2005)의 방법에 따라 실시하였다.

## 결 과

**소나무재선충의 토양 내 생존기간.** 온도 25-28°C의 빛이 차단된 암(暗)상태의 실내에서 멸균수에서의 소나무재선충의 생존기간을 조사한 결과를 보면 약 80%의 소나무재선충이 6.25일간(150시간) 생존하였으며, 그 후 급격히 생존율이 떨어져 약 16일(290시간) 후에는 거의 모두 사멸하는 것으로 나타났다(Fig. 2). 한편 동일한 온도

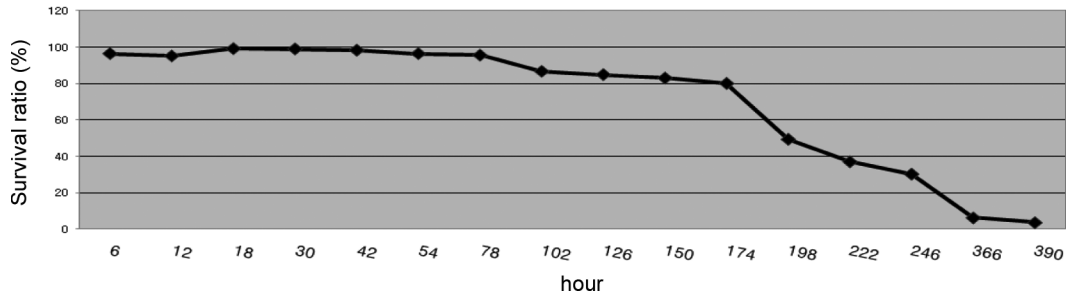


Fig. 2. Survival of pine wood nematodes in the sterile water under the dark condition between 25 and 28°C of room temperature.

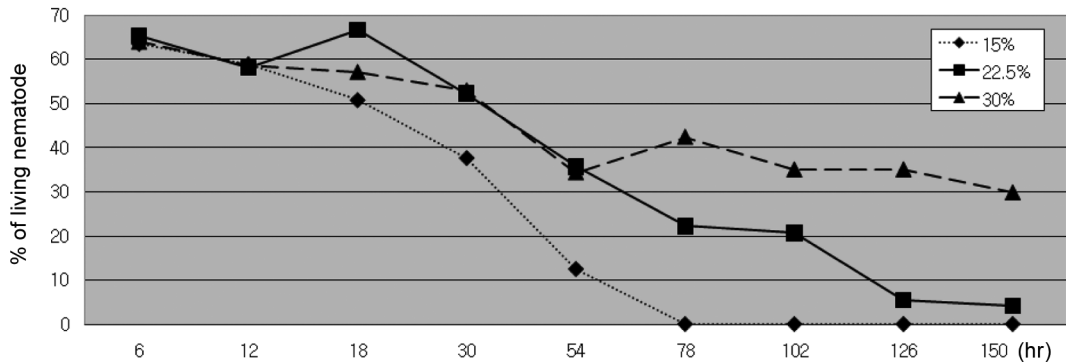


Fig. 3. Percentage of living pine wood nematodes in the potted soils with moisture content of three different levels of 15.0%, 22.5% and 30.0% (v/v) under the dark condition between 25 and 28 of room temperature.

Table 1. Infection of pine wood nematode (PWN) through roots 78 days after inoculation on four-year-old seedlings of Japanese black pine with or without wounding

Inoculation of PWN	No. of inoculated PWNs	No. of seedlings tested	No. of dead seedlings	No. of wilted seedlings	Infection ratio (%)
Non wounded-Adjacent to root <sup>a</sup>	10,000	25	0	0	0
Wounded-Adjacent to root	10,000	27	1	7	29.6
Wounded-Scattering on soil surface	10,000	25	0	0	0
Control 1 <sup>b</sup>	10,000	11	2	9	100
Control 2 <sup>c</sup>	0	11	0	0	-

<sup>a</sup>Placing sawdust including PWNs 0.5 cm apart from roots.

<sup>b</sup>Inoculating pine wood nematodes on stem of seedling.

<sup>c</sup>Inoculating only sterile water on stem of seedling.

및 광 조건에서 3개 수준으로 습도가 조절된 토양 내에서 소나무재선충의 생존기간은 약건 상태인 15% 수분처리 토양 내에서 78시간(약 3일간) 후에, 그리고 적윤 상태인 22.5% 토양 습도에서는 150시간(약 6일) 후에는 거의 모든 소나무재선충이 사멸하였으나, 과습 상태인 30% 토양에서는 약 30%의 소나무재선충이 150시간 이상 생존할 수 있는 것으로 나타났다(Fig. 3). 결론적으로 건조에 매우 약한 소나무재선충은 수분이 충분한 “적윤” 이상의 토양 내에서는 3~6일간 생존할 수 있을 것으로 판단되었다.

**야외 표목실험.** 습도와 상처 유무가 조절된 환경 내에서 소나무재선충의 뿌리 감염이 가능할 수 있는 가를 알아보기 위한 야외 포장실험에서 소나무재선충을 토양 표면에 처리한 실험구에서는 뿌리의 상처유무와 관계없이 소나무재선충의 감염이 이루어지지 않았으며, 소나무재선충을 뿌리에 근접하여 접종하더라도 뿌리에 상처가 없는 경우에는 감염이 발생하지 않았고, 뿌리 상처 후 뿌리에 근접하여 소나무재선충을 접종한 처리구에서는 29.6%의 감염율을 보였다(Table 1). 소나무재선충 처리 공시목 중 시들음 등 이상 증상을 나타내는 공시 묘목의 시료에

**Table 2.** Detection of pine wood nematode (PWN) from dead or wilted seedlings 78 days after inoculation on four-year-old seedlings of Japanese black pine with or without root-wounding

Inoculation <sup>a</sup>	Disease development and No. of seedling for detection of PWN	Part of seedling for detection of PWN		
		Current-year Twig	Stem	Root
Non wounded-Adjacent to root	healthy, 5 (randomly selected)	× <sup>b</sup>	×	×
Wounded-Adjacent to root	healthy, 5 (randomly selected)	×	×	×
	wilted, 7	O <sup>c</sup>	O	O
	dead, 1	O	O	×
Wounded-Scattering on soil surface	healthy, 5	×	×	×
Control 1	dead, 2	O	O	O
	wilted, 9	O	O	O
Control 2	dead, 1	×	×	×
	healthy, 5 (randomly selected)	×	×	×

<sup>a</sup>See Table 2.

<sup>b</sup>Pine wood nematodes were not detected.

<sup>c</sup>Pine wood nematodes were detected.

서 소나무재선충이 다시 검출되었으며, 대조 1의 줄기에 상처를 내고 소나무재선충을 접종한 공시목 모두에서 시들음 증상과 함께 소나무재선충이 다시 분리되었고, 대조 2의 멸균수 만을 처리한 공시목에서 어떠한 이상증상도 보이지 않아 전체적으로 접종한 소나무재선충의 병원성에는 문제가 없어(Table 2), 위 실험결과를 신뢰할 수 있다고 판단되었다. 토양 내에서의 소나무재선충의 생존 기간에 대한 실험 및 야외포장 실험의 결과로 볼 때, 1) “적윤” 이상의 토양수분조건, 2) 뿌리 상처발생, 3) 뿌리 상처부위에 대한 소나무재선충의 근접분포, 4) 적어도 3일 이내에 상처에의 접근 및 뿌리 조직 내부로의 이동 등의 조건 아래에서는 소나무재선충에 의한 뿌리감염이 발생할 가능성이 있다고 판단되었다.

**야외 실연시험.** 위에서 얻어진 연구결과를 기초로 소나무재선충병 피해목의 벌채현장에서 고사목 벌채시 소나무재선충을 포함한 상태로 배출되는 톱밥에 의하여 뿌리감염이 실제적으로 발생할 수 있는가에 대하여 방제현장에서의 실연적 검토를 목적으로 수행되었다. 본 실연 시험이 수행된 2007년 여름은 강우가 많아 처리 전 이틀 동안 61.5 mm의 강우가 있었으며, 특히 7월 11일 집중 후 3-5일간 약간의 강우와 함께 6-10정도의 운량으로 토양습도는 과습 상태(약 25-27%)를 유지하였으며, 오전 중을 제외하고는 25-30°C의 더운 기간으로 온도와 습도라는 면에서 토양 내에서의 소나무재선충 생존에는 문제가 없는 최적의 야외실험조건이었다. 뿌리상처 처리 2개 시험구와 소나무재선충 접종 30일과 68일 후인 10월 31일 현재 외견 상 소나무재선충병의 병징이 나타난 나무는

없었으며, 수집된 나무 조직을 Baermann 분리법과 소나무재선충 특이 primer에 의한 검사에서도 소나무재선충이 검출되지 않았다. 아울러 공시목 모두 가지 고사 등 수관 상부에 병해충 피해가 발생하지 않아 뿌리에 대한 소나무재선충 처리이외의 나무를 죽게 할 수 있는 요인은 없었다고 판단되었으며, 2007년 연말까지 고사한 나무 또한 없었다.

## 고 찰

일반적으로 선충류는 수분이 풍부한 토양 내에서 살아가는 토양 서식성인 반면에 소나무재선충은 소나무류의 재부(材部) 내에서 미생물을 먹이로 살아가며, 매개충의 흡즙에 의한 상처가 있어야 나무속으로 침입이 가능하다고 알려져 있다(Kitohara와 Tokushige, 1971; Sinclair와 Lyon, 2002; Agrios, 2005). 또한 다른 나무로의 전파는 매개충(솔수염하늘소)에 의하여만 가능하며, 이 과정은 두 생물과의 정교한 공생관계로 보고되어 있다(Sinclair와 Lyon, 2002; Aikawa, 2008). 토양 내에서 소나무재선충의 생존기간은 Tamura(1983a)는 약 24시간으로, Mamiya와 Shoji(1989)는 약 2일(48시간) 정도라고 보고하였다. 저자들의 실험 결과와 이미 발표된 논문들을 종합하여 볼 때, 소나무재선충은 물(습기)이 충분하지 않고 적당한 먹이가 없는 토양 내에서의 생존가능기간은 약 2-3일 내외로 보는 것이 가장 타당하다고 사료된다.

소나무재선충의 뿌리감염 가능성에 대한 문제에 있어 가장 논란이 되는 것은 소나무재선충이 토양 내에서의

운동(이동)성 문제인데, 토양 내에서 뿌리 그 자체 또는 뿌리로부터의 어떤 물질에 대한 소나무재선충의 목적 및 목표 이동성에 대하여 알려진 바는 없다. 또 하나 중요한 것은 소나무재선충은 상처가 없으면 나무 조직 내로 침입할 수 없다는 점이다(Mamiya와 Shoji, 1989), 비록 Kitohara와 Tokushige(1971)와 Yang(1991)이 소나무재선충이 토양 내에서 무상처 뿌리 감염이 가능하다고 보고하였지만 몇몇 연구자들은 소나무재선충이 건전한 뿌리 조직을 뚫고 조직 내부로 침입할 수 없다고 보고한 바 있다(Tamura, 1983; Mamiya와 Shoji, 1989). Kitohara와 Yokushige (1971)는 무상처 뿌리감염이 가능하다고 발표한 Mamiya 와 Shoji(1989)의 논문을 반박하면서 이러한 결과는 소나무재선충을 접종하기 위하여 토양을 제거할 때 발생한 상처로 소나무재선충이 침입하였을 가능성을 언급하면서 토양 내 뿌리감염이 불가능한 이유로서 1) 소나무재선충은 상처가 없는 나무조직으로는 침입할 수 없으며, 2) 소나무재선충병 피해지 토양에서 재선충이 거의 발견되지 않고, 3) 소나무재선충은 기본적으로 나무조직 내 서식성이어서 토양에서의 생존기간이 약 24시간 정도로 매우 짧기 때문이라 하였다. Yang(1991)은 화분 식재 묘목에 대한 실험에서 화분 밑의 물빠짐 구멍을 막은 충분한 과습 상태에서 소나무재선충을 접종한 실험에서 소나무재선충이 포함된 소나무 등 3종 수종의 칩(이하 재선충 칩, 1개 칩당 10,000마리/50 g)을 토양 내에 매몰하였을 경우 93%의 고사율, 그리고 토양 표면에 재선충 칩을 놓았을 때에는 약 33%의 고사율을 각각 보여 무상처 토양 감염이 가능하다고 발표한 바 있으나, 저자들이 관련 실험의 기본적인 조건으로 제시한 상처 유무의 확실성(상처를 내는 방법), 소나무재선충이 포함된 칩(또는 톱밥)과 뿌리와의 거리, 토양 습도 등에 대한 언급이 없어 이 실험의 방법과 결과의 해석에 대하여는 의문을 갖고 있다.

저자들이 수행한 조절된 접종환경에서의 실험결과를 볼 때, 매우 과습한 토양 습도조건에서 상처가 있는 뿌리에 소나무재선충이 매우 근접하게 위치한 경우에는 뿌리감염이 발생할 수 있다고 판단된다. 그러나 묘목을 이용한 접종실험에서 소나무재선충을 토양 표면에 처리한 경우에 병이 발생하지 않았으며, 아울러 토양습도와 대기 온도가 매우 적절한 야외실연시험에서도 병이 발생하지 않았다. 이러한 결과로 볼 때, 비가 그치고 즉시 방제작업을 한다 하여도 일반 산지에서 토양습도가 과습 상태로 적어도 3일간 유지될 수 없으며, 토양 안으로 소나무재선충이 이동할 수도 없으므로 감염목을 벌채할 때 배출되는 톱밥에 의한 소나무재선충의 감염은 우연히 노출된 뿌리의 상처 위에 소나무재선충이 직접 닿는 경우를 제

외하고는 현실적으로 발생할 가능성은 없다고 판단된다. 그 이유는 앞에서 언급한 바와 같이 소나무재선충은 기본적으로 토양 서식성 선충이 아니며, 나무의 조직을 직접 뚫고 침입할 수 없고, 또한 산림토양은 소나무재선충의 생존에 필요한 먹이, 온도, 습도 등에 있어 대단히 제한적이기 때문이라고 사료된다. 다만 Tamura(1983b)가 지적한 바와 같이 소나무재선충이 매개충에 의하지 않고 인접한 나무들의 뿌리접합(root grafting)에 의해 인접한 나무로 전파될 가능성에 대한 검토는 필요하다고 여겨진다.

## 요 약

이 연구는 기계톱으로 소나무재선충병에 감염된 나무를 벌채할 때 배출되는 벌채톱밥에 포함되어 있는 소나무재선충이 뿌리를 통하여 다른 나무로 전염될 수 있는 가능성을 검증하기 위하여 수행되었다. 이를 위해 멸균수와 세 가지 토양습도(15%, 22.5%, 30%, v/v)로 조절된 포트 토양에서의 소나무재선충 생존가능기간, 뿌리의 상처 유무를 정밀하게 조절된 곰솔 묘목에 대한 접종실험, 그리고 소나무재선충병의 발생에 최적인 토양 습도 및 온도 조건에서 소나무재선충이 포함된 톱밥을 이용한 야외실연시험 등을 수행하였다. 연구 결과, 토양 내에서의 소나무재선충의 생존가능기간은 약 3일 정도이었으며, 충분한 토양습도 조건에서도 뿌리에 상처가 없는 경우에는 병이 발생하지 않았고, 소나무재선충이 포함된 벌채톱밥을 이용한 실연시험에서도 병이 발생하지 않았다. 결과적으로 방제현장에서 기계톱에 의한 감염목 벌채 시 배출되는 톱밥에 포함되어 있는 소나무재선충이 다른 나무로의 이동하여 병을 일으킨다는 것은 현실적으로 불가능하다고 사료된다.

## 참고문헌

- Agrios, G. M. 2005. Plant Pathology, 5th ed. Academic Press, San Diego, CA, USA. 922 pp.
- Aikawa, T. 2008. Transmission biology of *Bursaphelenchus xylophilus* in relation to its vector. In: *Pine wilt disease*. ed. by B. G. Zhao, K. Futai, J. R. Sutherland and Y. Takeuchi, pp. 123-138. Springer, Tokyo, Japan.
- Burgermeister, W., Metge, K., Brasch, H. and Buchbach, E. 2005. ITS-RFLP pattern for differentiation of 26 *Bursaphelenchus* species (Nematoda: Parasitaphelenchidae) and observation on their distribution. *Russian J. Nematology* 13: 29-42.
- Yang, B. 1991. Study on the spreading of pine wood nematode through pine wood chips. *Forest Research*. 4: 392-394.
- Kitohara, T. and Tokushige, Y. 1971. Incubation experiments of a

- nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* sp., onto pine trees. *J. Jpn. For.* 53: 210-218.
- Mamiya, Y. and Shoji, T. 1989. Capability of *Bursaphelenchus xylophilus* to inhabit soil and to cause wilt of pine seedlings. *Jpn. J. Nematology* 18: 1-5.
- 산림청. 2009a. 임업통계연보 제 39호. 산림청. 495 pp.
- 산림청. 2009b. 2010년도 산림병해충 예찰·방제 계획. 산림청. 255 pp.
- Shin, S. C. 2008. Pine wilt disease in Korea. In: Pine wilt disease. ed. by B. G. Zhao, K. Futai, J. R. Sutherland and Y. Takeuchi. pp. 26-32. Springer, Tokyo, Japan.
- 신상철 등. 2007. 소나무재선충병의 생태와 방제(국립산림과학원 산림과학 속보 '07-22). 32 p. 웃고문화사, 서울, 한국.
- Sinclair, W. A. and Lyon, H. A. 2005. Disease of trees and shrubs, 2nd ed. Cornell University Press, Ithaca and London. 660 p.
- Tamura, H. 1983a. Pathogenicity of aseptic *Bursaphelenchus xylophilus* and associated bacteria to pine seedlings. *Jpn. J. Nematology* 13: 1-5.
- Tamura, H. 1983b. Transmission of pine wilt disease through grafted root of pine seedlings. *Trans. 27th Ann. Meet. Jpn. Soc. Appl. Ent. Zool.* p. 163 (in Japanese).