

솔잎혹파리 피해임지의 수세변동에 관한 연구*

이찬용¹⁾ · 채희문²⁾ · 김종국¹⁾

The Study on Tree Vigor of Damaged Forest by *Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye*

Chan-Yong Lee¹⁾ · Hee-Mun Chae²⁾ and Jong-Kuk Kim¹⁾

요 약

솔잎혹파리 피해임지의 특성에 따른 수세변동을 구명하였다. 솔잎혹파리 피해도(「심」, 「중」, 「경」)별로 구분하여 수세를 조사한 결과 피해가 심한 지역의 수목은 수세가 현저하게 약화되었으며, 수목의 임분밀도(「밀」, 「중」, 「소」)별로 구분한 경우는 피해도와 관계없이 임분밀도가 낮은 임분에서 수목의 수세가 강하게 나타났다. 수목의 외형적 인자중 수관폭과, 흉고직경이 작은 개체에 비하여 큰 개체의 수세가 모든 임분에서 강하게 나타났다. 각 임분에서 전기저항치와 수관면적과의 관계는 피해도 「심」 임분에서는 수관면적이 13.4m², 「중」 임분에서는 10.9m², 「경」 임분에서는 7.9m²로 피해가 심할수록 수관면적이 넓어야 임목이 생존할 가능성이 높은 전기저항치(15k Ω 이하)가 나타나는 것으로 파악되었다.

ABSTRACT

This study investigated tree vigor of damaged forest by *Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye.

In damaged forest by pine gall midge, the investigation result of damaged rate section(severe, moderate, light) indicated that severe stand showed higher value of electric resistance(k Ω) than that of light stand, the investigation result of tree density section(crowded, middle, little) indicated that crowded stand showed higher value of electric resistance than that of little stand(the value of electric resistance at which low reading show high vigor tree and high reading low vigor tree). The crown width and DBH(diameter of breast height) of external factors showed lower value of electric resistance than that of small size.

The results of comparative between Crown area and value of electric resistance in each stand were 13.4m² in severe stand, 10.9m² in moderate stand and 7.9m² in light stand. Therefore, the tree which have big crown showed low value of electric resistance(below 15k Ω)that has high possible of survival.

Key word : *Thecodiplosis japonensis*, electric resistance, crown area

※ 이 논문은 1999년도 학술진흥재단 대학부설연구소 지원연구비에 의하여 수행된 연구결과의 일부임

1) 강원대학교 산림과학대학 산림자원학부 : Divison of Forest Resources, College of Forest Sciences, Kangwon National Univ., 200-701, Korea.

2) 강원대학교 대학원 산림자원보호학과 : Dept. of Forest Resources, Graduate School, Kangwon National University, 200-701, Korea.

서론

소나무 및 곰솔에 기생하는 솔잎혹파리는 1929년 서울과 전남 목포에서 그 피해가 처음 발생된 후 점차 확산되어 전국에 분포하며 현재 강원도 동해안 지역의 소나무가 심한 피해를 받고 있다. 솔잎혹파리에 의한 소나무 피해는 정아고사, 수고생장저해, 직경 및 부피생장의 감소, 임목의 고사 등을 들수 있으며(박기남, 현재선, 1983), 신초 고사율이 80%를 넘으면 대부분 나무가 고사하는 것으로 보고하였고(이범영등 1991), 솔잎혹파리 피해로부터 회복된 임분과 고사한 임분에서 외부환경인자(지피식생피복도, 사면위치, 입목도, 경사도, 방위, 국소지형 등)와 수세사이에

높은 상관관계가 성립한다고 보고하였다(이범영, 1991). 수목의 고사는 수목의 생리적인 특성과 관련이 있는 것으로서 수목자체의 구조적 특성 또한 영향을 것으로 생각된다. 이에 관한 연구로는 솔잎혹파리 피해 임지중 2차성 해충의 침입으로 인해 임목의 고사현상이 나타나는 임분에서 수세진단기(Shigo.1975, Davis.1970, Skutt. 1972, Davis.1980)를 사용한 저항치와 고사의 관계를 조사하여 낮은 저항치의 수목이 높은 저항치의 수목과 비교하여 고사율이 적다고 하였다(고제호 & Morimoto). 본 연구는 수세진단기를 사용하여 솔잎혹파리 피해를 입은 수목의 외형적인자(수관폭, 흉고직경, 수관면적, 지하고, 수고 등)가 각 수목의 수세에 미치는 영향을

Table 1. A general conditions investigated locations.

Location	D-R (%)	Density (/ha)	H (m)	C-W (m)	DBH (cm)	C-L (m)			
1	Severe	58	Crowd (4000)	$\frac{12}{9-14}$	$\frac{3}{1-15}$	$\frac{13}{8-22}$	$\frac{8}{6-10}$		
			2	56	Middle (2000)	$\frac{12}{10-15}$	$\frac{4}{2-5}$	$\frac{17}{9-27}$	$\frac{7}{4-9}$
					3	50	Little (1400)	$\frac{9}{7-11}$	$\frac{4}{3-7}$
4	Moderate	33	Crowd (3200)	$\frac{9}{5-13}$			$\frac{4}{2-6}$	$\frac{13}{7-27}$	$\frac{4}{2-8}$
			5	26	Middle (1800)	$\frac{11}{8-13}$	$\frac{4}{2-7}$	$\frac{16}{11-24}$	$\frac{6}{3-8}$
					6	23	Little (1300)	$\frac{10}{6-13}$	$\frac{4}{3-7}$
7	Light	18	Crowd (4300)	$\frac{13}{10-7}$			$\frac{3}{2-5}$	$\frac{20}{13-31}$	$\frac{9}{5-12}$
			8	19	Middle (2700)	$\frac{9}{6-12}$	$\frac{3}{2-6}$	$\frac{15}{10-26}$	$\frac{6}{4-8}$
					9	16	Little (1200)	$\frac{12}{7-17}$	$\frac{4}{2-8}$

D-R: damaged rate by pine midge gall. Density: Density of tree in investigate location. H : Height. C-W : Crown width. DBH: Diameter of breast height. C-L : Clear Lenght.

Table 2. Monthly changes of electric resistance value($k\Omega$) in each stand.

Damaged Rate	Density	June	July	August	September
Severe	Crowded	21	20	21	19
	Middle	20	19	18	15
	little	16	16	14	12
Moderate	Crowded	16	15	16	15
	Middle	16	14	12	13
	little	13	13	14	11
Light	Crowded	15	15	14	13
	Middle	16	16	15	15
	little	14	13	11	11

조사하여 금후 솔잎혹파리에 의하여 피해받은 소나무 임분에서 수목의 외형적 인자를 기준으로 수목의 생존 가능성을 판별할 수 있는 모델제시를 위한 기초자료를 얻기 위하여 수행 되었다.

재료 및 방법

1. 조사지 개요

조사지는 양양군내(현남면 견불리 산 51, 현남면 인구리 산 47-1, 후매포리 산 91, 현북면 잔교리 산 28-8,9, 현북면 중광정리 산 84-1, 현북면 잔교리 산 20-3, 손양면 하왕도리 산 6-1, 손양면 와리 산 21, 양양면 청곡리 산 30)에 위치한 소나무림으로서 솔잎혹파리가 발생되어 피해를 받고 있는 임지를 선정하였다. 선정된 임지에서 다시 솔잎혹파리 피해도별, 소나무 밀도별로 고정조사구를 설치하였다.(Table 1)

2. 조사방법

1998년 6, 7, 8, 9월에 각 임분별 40본의 수목을 정하여 각 외형적 인자(수고, 흉고직경, 지

하고, 수관폭 등)를 측정하였으며, 솔잎혹파리 피해지역의 임분 밀도별, 솔잎혹파리 피해율별로 구분하여 수세진단기(Shigometer)를 사용하여 각수목의 흉고부위를 2회 탐침하여 전기저항치를 측정하였다. 각 임분의 저항치를 3등급(저항치 15k Ω 이하, 15-25k Ω , 25k Ω 이상)으로 구분하여 밀도별, 피해도별의 외형적 인자의 크기를 조사한다.

결과 및 고찰

1. 솔잎혹파리피해지의 수세변화

1) 시기별 수세의 변화

수목의 수세를 파악하기 위하여 각 조사구에서 시기별로 측정된 수목의 전기저항치는 Table 2와 같다. 저항치 평균은 피해율 「심」, 「중」, 「경」으로 구분하여 조사 하였으며, 피해가 「심」한지역의 경우 밀도가 「밀」한지역보다 「소」한 지역의 수세가 조사시기에 관계없이 강하게 나타나며, 피해도 「경」 지역에서는 밀도가 「밀」한 지역보다 「소」한 지역에서 수세가 강한 경향을 나타내고 있다. 피해율 「심」 지역과 「경」 지역의 비교시 임

Table 3. The Average of electric resistance(k Ω) in density of tree.

Month density	June	July	August	September
crowded	17.6	16.4	17	16.2
middle	17.5	16.3	15	14.5
Little	14.4	14	13	11.6

목밀도별로 「심」 지역의 수세가 약하게 나타나고 있다. 즉, 솔잎혹파리 피해시 임목밀도가 「밀」할 수록 소나무의 수세가 악화됨을 알 수 있다. 이러한 결과로 비추어 볼 때 솔잎혹파리 피해시 수목의 밀도가 수세에 미치는 영향이 어느정도 있는 것으로 여겨진다.

(1) 임분밀도에 따른 수세의 변화

솔잎혹파리 피해지에서 조사결과를 종합하여 임분밀도에 따른 전기저항치를 산출한 결과는 Table 3과 같다. 임분밀도가 「소」한 시험구는 시기별 전기저항치는 11.6-14.4k Ω 이었고, 「밀」한 임분에서의 전기저항치는 16.2-17.6k Ω 이었다. 즉, 임분밀도가 「소」한 시험구의 경우 조사 시기에 관계없이 「밀」한 시험구보다 수세가 강한 것으로 파악되었다. 이와 같이 솔잎혹파리 피해 지역에 있어서 임목밀도에 따른 수세의 차이가 나타나는 것으로 미루어 피해의 방지를 위하여 적절한 임분밀도를 유지하는 것이 중요하며 금후 전전임분과 비교하여 피해임분의 적정밀도를 정하는 기준을 검토해야 할 것이다.

(2) 솔잎혹파리 피해도에 따른 수세의 변화
 솔잎혹파리 피해수준별로 시기별 전기저항치를 조사한 결과는 Table 4와 같다. 솔잎혹파리 피해가 「경」한 시험구의 시기별 전기저항치는 13.2-15.1k Ω 이었고, 피해가 「심」한 시험구에서의 전기저항치는 15.5-19.3k Ω 으로 피해가 「심」한 곳의 저항치가 높게 나타났다. 이는 솔잎혹파리 피해도에 따른 수세의 차이를 의미하며 피해가 「경」한 임분의 수세가 강한 것으로 판명되었다. 또한 본 시험에서 임분밀도가 수세에 미치는 영향보다는 솔잎혹파리 피해도가 수세에 미치는 영향이 강한 것으로 파악되었다.

2) 수목의 외형적 인자와 저항치와의 관계

수목의 외형적 인자와 저항치와의 관계는 수고, 수관폭, 흉고직경이 클 수록 수세의 저항치가 낮게 나타난다. 즉 상기한 외형적 인자가 클 수록 수목의 활력이 좋다는 것을 의미한다. 그러나, 지하고의 경우에는 어떤 특별한 관계를 보이지 않았다. Lee(1996)등의 보고에 의하면 외형적 인자 중 수관폭이 수목이 수세에 영향을 가장 많이 끼치는 것으로 나타나고 있다.

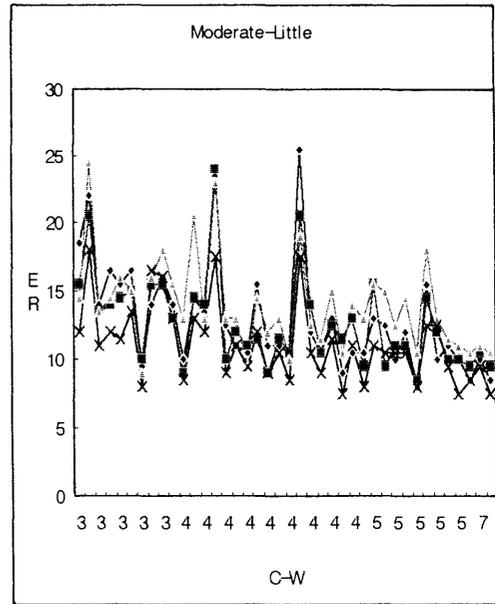
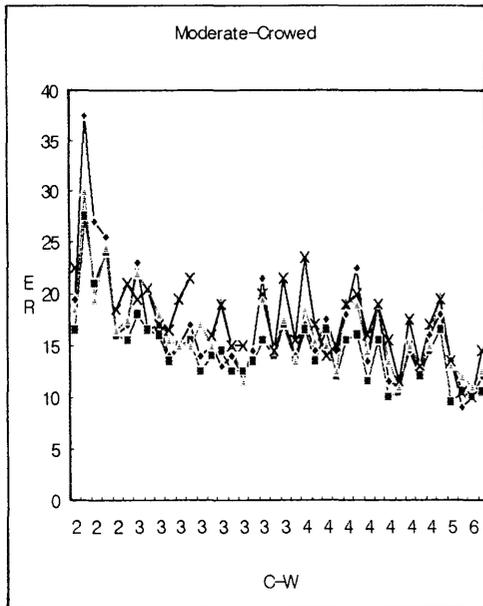
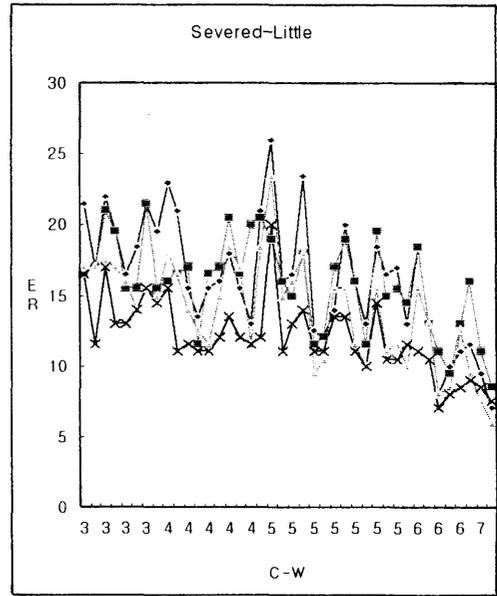
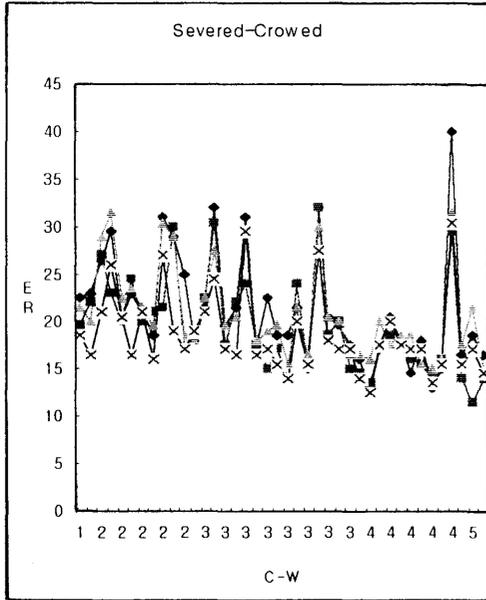
Table 4. The Average of electric resistance(k Ω) in damaged rate of tree by pine midge gall.

Month Damaged Rate	June	July	August	September
Severed	19.3	18.2	17.5	15.5
Moderate	15.2	13.6	14.3	13.5
Light	15.1	14.8	13.2	13.3

2. 수목의 외형적 인자와 저항치와의 관계

솔잎혹파리 피해림에서 수목의 외형적인자(수관폭)와 전기저항치를 조사한 결과는 Fig.1과 같다. 솔잎혹파리 피해도 및 임분밀도와 관련없이 수관폭이 클수록 전기저항치는 낮아지는 경향을 보였다. 또한 다른 외형적 인자인 수고, 수관폭,

직경이 클수록 전기저항치가 낮게 나타났다. 즉 수목의 외형적 인자가 클수록 솔잎혹파리의 피해에 대한 내성이 크다는 것을 의미한다. 그러나, 지하고의 경우에는 어떤 특별한 관계를 보이지 않는 것으로 구명되었다. Lee(1996)등은 외형적 인자중 수관폭이 수목이 수세에 영향을 가장 많이 끼치는 것으로 보고하였다.



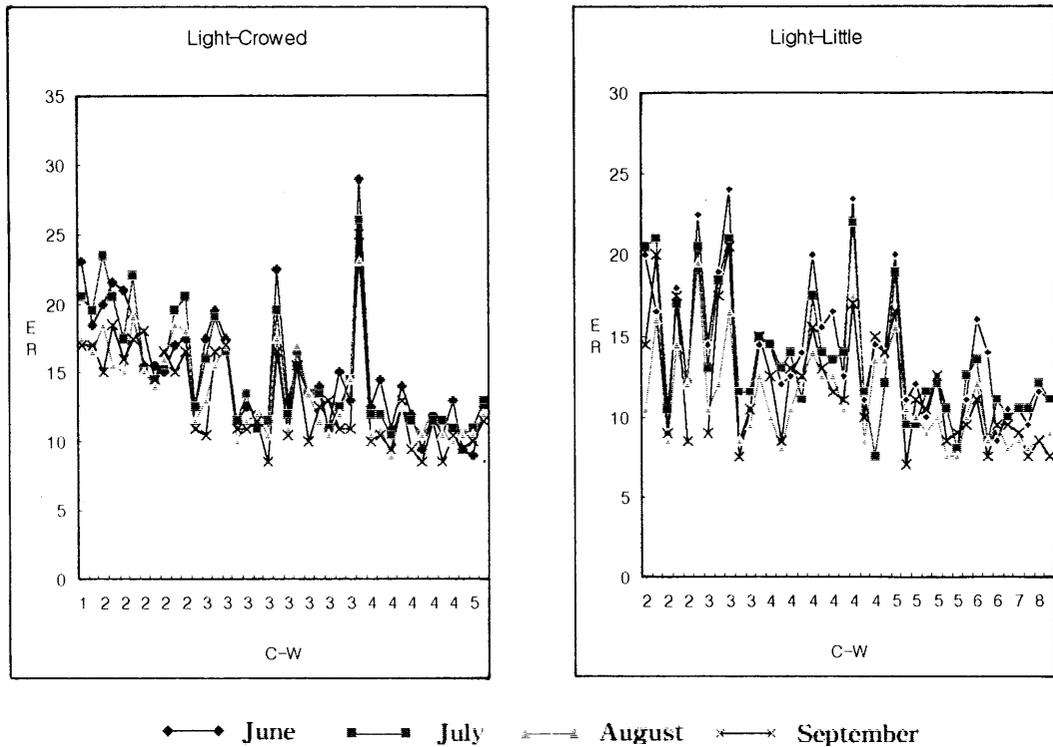


Fig.1. Relationship of electric resistance and Crown Width.

3. 수세(전기저항치)구분에 따른 수목의 외형적 인자 구조

1) 수세구분과 임분 밀도와의 관계

수세수준(15kΩ이하, 15-25kΩ, 25kΩ이상)에 따른 임분밀도별 수목의 외형적 구조를 조사한 결과는 Table 5와 같다. 임분밀도가 「밀」한 지

Table 5. The Comparative of electric resistance(kΩ) and extrnal factors in density of tree.

Contents	Density of stand and value of electric resistance											
	Crowded				Middle				Little			
	15	15-25	25	mean	15	15-25	25	mean	15	15-25	25	mean
E-R	15	15-25	25	mean	15	15-25	25	mean	15	15-25	25	mean
H	11.5	11.2	10.7	11.3	10.8	10.6	10.7	10.70	10.8	9.4	8.4	9.53
CW	3.8	3.0	2.4	3.06	4.0	3.4	3.2	3.53	4.7	3.8	3.6	4.03
DBH	18.3	14.7	11.4	14.80	17.5	15.3	14.5	15.76	19.0	15.2	12.9	15.70
C-L	6.6	7.5	7.5	7.20	5.8	6.2	6.6	6.20	5.8	5.1	4.9	5.26
C-A	9.3	5.6	3.8	6.23	10	7.5	6.6	8.03	11.8	8.2	6.3	8.76

E-R: Electric Resistance. H : Height. C-W : Crown width. DBH: Diameter of breast height
C-L : Clear Lenght. C-A : Crown Area((Height - clear Lenght)×Crown Width/2)).

Table 6. The Comparative of electric resistance($k\Omega$) and extrnal factors in damaged rate.

Contens	Damaged rate of stand and value of electric resistance											
	Severed				Moderate				Light			
E-R	15	15-25	25	mean	15	15-25	25	mean	15	15-25	25	mean
H	10.3	11.1	11.3	10.90	10.0	9.6	8.3	9.30	12.3	10.1	9.3	10.56
CW	4.7	4.0	3.1	3.98	4.2	3.5	3.0	3.56	4.1	2.6	2.4	3.03
DBH	17.8	16.2	13	15.66	15.9	13.9	11.7	13.83	21.1	14.8	13.4	16.43
C-L	4.8	6.3	7.2	6.10	4.8	5.1	5.6	5.16	7.7	7.7	6.8	7.40
C-A	13.4	9.6	6.4	9.80	10.9	7.9	4.9	7.90	9.4	3.1	3.0	5.16

E-R: Electric Resistance. H : Height. C-W : Crown width. DBH: Diameter of breast height
C-L : Clear Lenght. C-A : Crown Area((Height - clear Lenght) \times Crown Width/2)).

역일수록 수관면적이 넓었으며 각 시험구 내(임분밀도별)에서 전기저항치가 높을수록 수관면적이 좁았다. 전기저항치가 $15k\Omega$ 이하인 수목의 외형적인자인 수관면적은 $9.3-11.8m^2$ 였고, $15-25k\Omega$ 인 수목의 수관면적은 $5.6-8.2m^2$, $25k\Omega$ 이상인 수목의 수관면적은 $3.8-6.6m^2$ 이었다. 이는 수관면적이 넓을수록 수세가 강하게 나타나므로 솔잎혹파리 피해임지에서 위생간벌을 실시하고자 할 경우 수관면적을 충분히 고려하여 수행하는 것이 필요하다.

2) 수세구분과 솔잎혹파리 피해도와의 관계

수세수준에 따른 피해도별 수목의 외형적 구조를 조사한 결과는 Table 6과 같다. 각 전기저항치에 따른 수관면적은 솔잎혹파리 피해도별로 「경」지역일수록 좁아지는 경향이 나타났다. 전기저항치가 $15k\Omega$ 이하인 수목의 수관면적은 $9.4-13.4m^2$, $15-25k\Omega$ 인 수목의 수관면적은 $3.1-9.6m^2$, $25k\Omega$ 이상인 수목의 수관면적은 $3.0-6.4m^2$ 로 전기저항치가 높을수록 좁았다. 이를 전기저항치 $15k\Omega$ 이하인 수세를 피해도별로 기술하면 「심」시험구에서 수관면적은 $13.4m^2$, 피해도 「중」시험구에서 $10.9m^2$, 피해도 「경」시험구에서 $9.4m^2$ 이었다. 이는 피해도 「심」지역에서도 수관면적이 13

m^2 이상이면 생존가능성이 높다는 것을 시사하는 것으로서 금후 솔잎혹파리 피해 「경」지역이 「심」지역으로 변화되기 이전에 적어도 수관면적이 $13m^2$ 이상이 되도록 시업하여야 총해에 대한 내성을 높일 수 있는 것으로 생각된다.

결 론

솔잎혹파리 피해임지에서 임분밀도가 낮은 임지의 수세가 강하게 나타났으며, 피해가 심한 임분의 수세가 현저하게 높아지는 경향을 보였다. 또한 수목의 외형적인자와 전기저항치와의 관계를 비교한 결과 모든 조사임분에서 수관폭, 수고, 흉고직경, 수관면적 등이 크고 넓을수록 전기저항치는 작은 경향이 나타났다. 즉 임목의 생존 가능성을 판단하기 위하여 전기저항치를 3수준으로 구분하고 이에 대응하는 피해도별, 밀도별 수관면적을 산출한 결과 피해도가 「심」한 경우 수관면적이 넓어야 전기저항치가 $15k\Omega$ 이하로 측정되며, 생존 가능성이 높은 수목으로 판단되었다. 금후 피해정도 및 시기에 따라 고사 가능성이 높은 수목을 선별할 수 있는 모델의 도출과 생물피해에 강한 적정 임분밀도 수준을 검토하여 소나무림 관리에 필요한 기초를 제공할 예정이다.

인 용 문 헌

1. 박기남, 현재선. 1983. 솔잎혹파리가 소나무 생장에 미치는 영향에 관한 연구(Ⅱ) -소나무의 피해-. 한림지. 62:87-95.
2. 이범영, 정진영, 변병호, 최병희. 1991. 환경 인자에 의한 솔잎혹파리 피해위험도 예측. 임업연보, No.42:127-134.
3. 채희문, 이찬용. 1996. 솔잎혹파리 피해목의 외형적 인자에 따른 수세변동에 관한 연구. 강원대학교 연수림연구보고. No.16:42-5
4. Alexl. Shigo and Paul Berry, 1975. A new tool for detecting decay associated with fomes annosus in *Pinus resinosa*. Plant. Dis. Repr. 59 : 739-742.
5. Davis, W., A. L.1979. Shigo and R. Weyrick. Seasonal changes in electrical resistance of inner bark in red oak, red maple and eastern white pine. For. Sci. 25 : 282-286. 1979.
6. Ko, J.H., Morimoto, K. 1985. Loss of tree vigor and role of boring insects in red pine stands heavily infested by the pine needle gall midge in Korea. Esakia, 23: 151-158.
7. Skutt, H. R., A. L. Shigo and R. A. Lessard. 1972. Detection of discolored and decayed wood in living trees using a plused electric current. Can. J. For. Res. 2 : 54-56.
8. Weston Davis and Walter Shortle and Alex Shigo. 1980. Potential hazard rating system for fir stands infested with budworm using cambial electrical resistance. Can. J. For. Res. Vol. 10 : 541-544.