

솔잎혹파리 피해임지내 수목의 외형적 인자와 관련한 수세변동과정 해석*

이찬용¹⁾ · 김종국¹⁾ · 채희문²⁾ · 이상배³⁾ · 원대성²⁾

The Study on Vigor and External Factors of Tree in Damaged Pine Stands by *Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye*

Chan-Yong Lee²⁾ · Jung-Kuk Kim²⁾ · Hee-Mun Chae²⁾ · Sang-Bae Lee³⁾ and Dae-Sung Won²⁾

요 약

본 논문은 솔잎혹파리 피해임지에서 수목의 외형적인자(수고, 수관폭, 흉고직경, 지하고)와 shigometer를 이용한 전기 저항치(k Ω)의 관계를 조사하였다.

외형적인자와 저항치간의 관계는 수고, 수관폭, 흉고직경은 높은 상관관계가 있었고, 지하고는 뚜렷한 관계가 나타나지 않았다. 수고, 수관폭, 흉고직경은 큰 수목이 전기저항치가 낮았고(수목의 활력이 높음) 작은 수목이 전기저항치가 높았다(수목의 활력이 낮음).

솔잎혹파리 피해임지의 고사목과 생존목을 비교하면 고사목이 생존목에 비하여 수관폭과 흉고직경의 크기는 작았고, 지하고는 높았다.

전기저항치를 3등급으로 구분 한 결과(<14k Ω , 생존가능성 양호, 14 ~ 20 k Ω , >20k Ω 고사 가능성 있음), 외형적인자의 크기는 낮은등급(<14k Ω)에서 수고, 수관폭, 흉고직경이 컸으며, 지하고는 낮았다.

조사한 외형적인자와 수세와의 관계를 직선회귀 방정식으로 산출한 결과 $Y = -0.572 \times \text{수고} - 1.163 \times \text{수관폭} - 0.242 \times \text{흉고직경} + 0.757 \times \text{지하고} + 25.765$ 이였으며 이들의 회귀식은 5%의 수준에서 유의성이 인정된다.

ABSTRACT

This paper investigated external factors(height, crown width, diameter breath height, clear length) of tree and electric resistance(k Ω) in damaged forest by *Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye.

The height, crown width and diameter breath height of tree external factors have high a coefficient of correlation, but clear length has not a coefficient of correlation.

* 이 논문은 학술진흥재단 대학부설연구소 지원 연구비에의하여 수행된 연구결과의 일부임.

- 1) 江原大學校 山林科學大學 森林資源學部 Division of Forest Resources, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea
- 2) 江原大學校 山林科學大學 森林資源保護學科 Dept. of Forest Resources Protection, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea
- 3) 江原大學校 山林科學研究所 The Institute of Forest Science, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea

In relationship of electric resistance and external factor, big tree that height, crown width, diameter breath height has lower electric resistance value than that of small tree. (low electric resistance value is high tree vigor, high electric resistance value is low tree vigor)

Dead tree have smaller diameter breath height, crown width, higher clear length than survival tree in damaged forest by *Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye.

To investigation of relationship external factors according to electric resistance value, electric resistance value was divided three class (<14k Ω , possible of survival, 14~20k Ω , >20k Ω , possible of dead). In lower class (<14k Ω), external factors have bigger which was height, crown width, diameter breath height and lower which was clear length than them of higher class (14~20k Ω , >20k Ω).

Linear regression solutions of electric resistance and external factors were $Y = -0.572 \times \text{Height} - 1.163 \times \text{crown width} - 0.242 \times \text{diameter breath height} + 0.757 \times \text{clear length} + 25.765$. Regression solutions were significant in 5%.

Key words : *Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye, external factors of tree, Electric resistance(k Ω)

서 론

소나무는 우리 나라 삼림에 가장 많은 면적을 차지하고 있으며 경제적, 사회적, 생태적인 유형, 무형의 가치가 높은 대표적인 수종으로 분류된다. 그러나 본 수종이 생육하는 임지에 솔잎혹파리가 발생하여 일부 특정지역은 목재 및 부산물에 대한 직접적인 피해는 물론 산지보전, 수원함양 등 공익적 기능의 확보에 결정적으로 악영향을 미치고 있다.

소나무는 한국, 일본, 중국, 러시아 등에 분포하며, 이러한 소나무의 주요한 해충의 하나인 솔잎혹파리는 1929년 서울과 전남 목포에서 피해가 처음 보고된 후 그 분포가 점차 확산되어 현재 전국적으로 분포하며 강원도 동해안 지역에 그 피해가 확산되어가고 있는 실정이다.

솔잎혹파리에 의한 소나무 피해는 정아고사, 수고생장저해, 직경 및 부피생장의 감소, 임목의 고사 등을 들 수 있으며(박기남, 현재선, 1983), 신초 고사율이 80%를 넘으면 대부분 나무가 고사된다(이범영 등 1991)

수목의 생리적 활력이 어떠한 특정환경인자에 의해 감소되는지는 확실치 않으나 국내의 솔잎혹

파리 피해지역에서 회복한 임분과 고사한 임분의 외부환경인자(지피식생피복도, 사면위치, 입목도, 경사도, 방위, 국소지형 등)을 조사한 결과 각 외부인자들과 수목의 수세가 높은 상관관계를 갖는다는 것을 발표하였다(이범영 등 1991).

수세진단기(Shigometer)는 1967년 미국의 Shigo에 의해 최초로 개발되어 수목의 부패와 변색에 대한 전기적 저항의 관계를 구명한 후 사용하기 시작하였으며, 수세진단기는 외국의 여러 학자들에 의해 목재부패와 변색(Shigo & Berry 1975), 해충에 의한 수목 활력도 변화 측정, 즉 저항치가 낮은 수목이 높은 수목에 비해서 수목의 활력도가 높다(Shortle 1977, Wargo 1975, shorrttele, 1979, Davis, 1980)는 것을 구명하였다.

우리 나라에서는 솔잎혹파리 피해가 있었던 임지 중 2차성 해충의 침입으로 인해 임목의 고사 현상이 나타나는 임분에서 수세진단기를 사용하여 저항치와 고사의 관계에서 낮은 저항치의 수목이 높은 저항치의 수목과 비교하여 고사율이 적다는 것을 조사 보고하였다(고재호와 Morimoto 1985).

본 연구는 수세진단기를 사용하여 솔잎혹파리 피해를 입은 수목의 외형적인자(수관폭, 흉고직

경, 지하고, 수고 등)를 조사하여, 生態的(林業的)管理方法에 의한 합리적인 솔잎혹파리 구제방안을 제시할 목적으로 수목의 외형적인자와 관련한 수세의 변동과정을 해석하여 솔잎혹파리의 저항성임분 모형을 개발하고, 향후 소나무 임분에 솔잎혹파리가 침입 하였을 때 외형적 인자를 기준으로 하여 수목의 생존가능성을 판별할 수 있는 기준을 제시함으로써 위생간벌등과 같은 임업적 방제의 기초자료를 제공하기 위해 수행 되었다.

1. 조사지 개황

1) 조사지 개황

소나무의 수세를 비교하기 위하여 강원도 양양 지역의 9개 조사구에서 공시목의 외형적 인자 및 시기별 전기 저항치를 조사하였다. 조사 임분은 솔잎혹파리에 의한 소나무의 피해도(「심」, 「중」, 「경」)와 동일 피해 임지내에서 임목밀도(「밀」, 「중」, 「소」)별로 구분하였다.

자료 및 방법

1. 연구방법

솔잎혹파리 피해목의 외형적 인자에 따른 수세 변동을 조사하기 위하여 1998~2001년 강원도

양양지역 현내면, 손양면 일대의 조사구에서 공시목을 선정하고 외형적 인자(수관폭, 흉고직경, 지하고, 수고)를 조사하였다. 소나무 수세와 외형적 인자와의 관계를 검토하고, 솔잎혹파리 피해시 고사목 및 생존 가능 수목을 판별할 수 있는 기준치를 산출하였다.

가. 조사방법

솔잎혹파리 피해율로 3등급 「심」(충영형성을 50%이상), 「중」(충영형성을 50-20%), 「경」(충영형성을 20%이하)으로 구분한 후 이를 다시 밀도별(「밀」, 「중」, 「소」)로 구분하여 총 9개의 조사구(50×50m)을 정하여 각 조사구 당 40本の 공시목을 선정하였다.

1) 조사시기

1998년~2000년은 6, 7, 8, 9월 각 1회씩 조사하였고, 2001년은 7, 8월(솔잎혹파리 피해를 입은 소나무의 수세가 가장 민감한 시기임)에 월 1회 조사하였다.

2) 수세 진단 방법

수세측정은 수세진단기(Shigometer)를 사용하여 지상 1.2m-1.5m의 높이에서 수목의 수간에 탐침(Needle probe)을 형성층(1.5~2cm)까지 삽입하여 전기저항치를 수목당 2회 측정하였다.

Table 1. General conditions of studied area.

Stand condition	Height (m)	C-W (m)	D.B.H (cm)	C-L (m)	Number/ha
Severe - Crowded	12	3	13	8	4000
Severe - Middle	12	4	17	7	2000
Severe - Little	9	4	15	4	1400
Moderate - Crowded	9	4	13	4	3200
Moderate - Middle	11	4	16	6	1800
Moderate - Little	10	4	16	5	1300
Light - Crowded	13	3	20	9	4300
Light - Middle	9	3	15	6	2700
Light - Little	12	5	20	8	1200

Table 3. The change of electric resistance during four years(k Ω)

Stand condition	1998				1999				2000				2001	
	JUN.	JUL.	AUG.	SEP.	JUN.	JUL.	AUG.	SEP.	JUN.	JUL.	AUG.	SEP.	JUL.	AUG.
Severe-Crowded	20	19	20	18	22	19	17	22	18	23	18	26	26	22.6
Severe-Middle	16	16	14	14	17	16	12	19	16	17	16	18		
Severe-Little	18	17	15	13	13	14	13	15	15	16	13	19	16.4	15
Moderate-Crowded	15	13	15	16	17	16	14	15	14	15	14			
Moderate-Middle	16	13	12	12	16	16	14	18	13	17	14	20	19.1	17.2
Moderate-Little	12	12	13	11	15	15	14	15	13	15	13	18	16.5	13.6
Light-Crowded	15	14	13	13	16	15	15	19	16	20	17	21	20.4	17.3
Light-Middle	16	16	15	15	18	18	17	22	17	21	17	22	21.7	20.3
Light-Little	13	12	10	11	14	14	12	17	13	17	14	18	12.8	14.8

2. 년도별 전기 저항치

Table 3은 4년간 양양군지역 수목의 전기 저항치를 나타낸 것이다. 솔잎혹파리 피해도와 임목 밀도 「심-밀」지역이 4년 모두에서 「경-소」지역보다 수목의 전기 저항치가 높게 나타났다.

이것은 임목밀도가 「밀」하고 피해도가 「심」한 지역의 수세가 임목밀도 「소」하고 피해도 「경」한 지역보다 수목의 수세가 좋지 않음을 의미한다.

3. 임분조건(밀도별, 피해도별)에 따른 연도별 전기저항치

임분조건별에 따른 전기저항치에 있어서 임분 밀도가 「밀」한 지역의 전기저항치가 「소」한 지역보다 높음을 알 수 있으며, 이것은 솔잎혹파리 피해시 임분밀도가 「밀」한 임분이 「소」한 임분 보다 수목의 활력이 나빠 임분 밀도에 따라서 솔잎혹파리 피해시 수목의 생육이 영향받는다는 것을 알 수 있다.

Table 4. The change of electric resistance according to stands during four years(k Ω)

Stand condition		1998				1999				2000				2001	
		JUN.	JUL.	AUG.	SEP.	JUN.	JUL.	AUG.	SEP.	JUN.	JUL.	AUG.	SEP.	JUL.	AUG.
Density	Crowded	17	15	16	16	18	17	16	19	16	19	16	23.5	20.5	20
	Middle	16	15	14	14	17	17	14	20	15	18	16	20	20.4	18.7
	Little	14	14	13	12	14	14	13	16	14	16	13	19	15.2	14.5
Damage	Severe	18	17	16	15	17	16	14	19	16	19	16	21	21.2	18.8
	Moderate	14	13	13	13	16	16	14	16	13	16	14	19	17.8	15.4
	Light	15	14	13	13	16	16	15	20	15	20	16	20	18.3	17.5

피해도별로 구분한 경우는 밀도별에서 구분한 경우와 마찬가지로 「심」지역의 경우 「경」지역의 수세보다 나쁘게 나타나고 있다.

결 과

1. 4년간 전기저항치의 변화

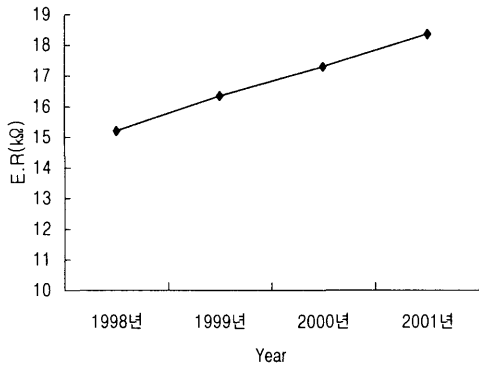


Fig. 1. The change of electric resistance during four years.

Fig.1은 4년간 수세의 변동을 나타낸 것으로 1998년 15.2kΩ, 1999년 16.3kΩ, 2000년 17.3kΩ, 2001년 18.3kΩ으로 4년간 수세의 변동은 점차적으로 나빠졌다.

본 조사는 솔잎혹파리 피해 임분으로서 솔잎혹파리의 영향을 받아 연도가 경과함에 따라 수세가 나빠짐을 알 수 있었다.

2. 각 외형적 인자와 수세와의 관계

Fig. 2는 4년간의 외형적인자와 전기저항치의 관계를 나타낸 것으로 흉고직경과 수관폭의 경우 외형적인자가 클수록 수목의 수세가 좋아지는 경향을 보이고 있으며, 이들은 모두 상관관계가 높으며, 유의수준 0.05%에서 유의성이 인정되었다. 그러나 수고와 지하고의 경우는 흉고직경과 수관폭의 경우와 같은 조건을 만족하지 못하고 있어, 외형적 인자들 중 흉고직경과 수관폭이 수목의 수세에 미치는 영향이 크다는 것을 알 수 있었다.

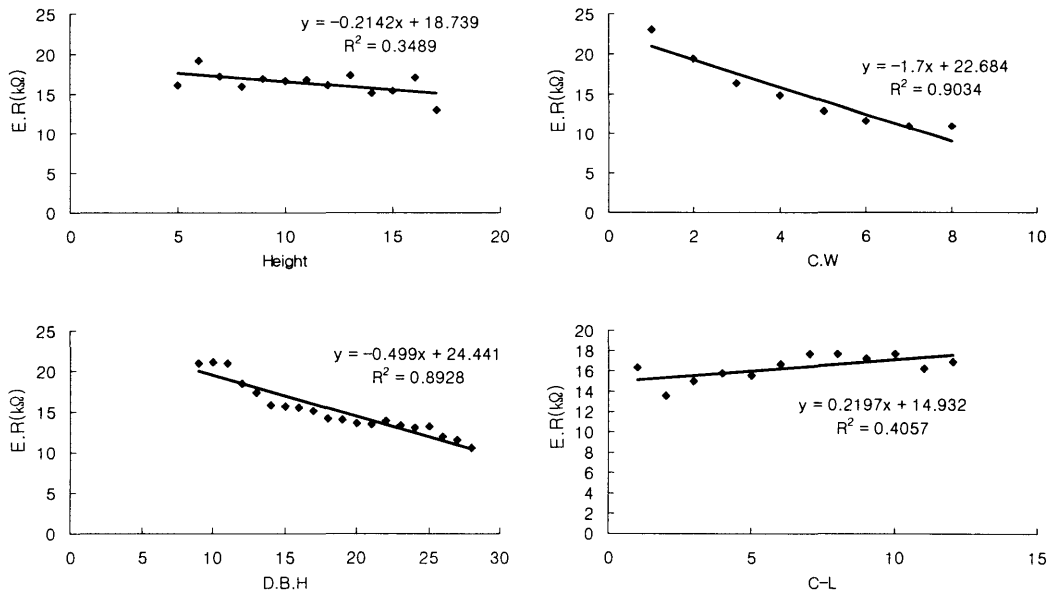


Fig. 2. The relationship of electric resistance and external factors during four years.

3. 임목밀도별 전기저항치의 변동

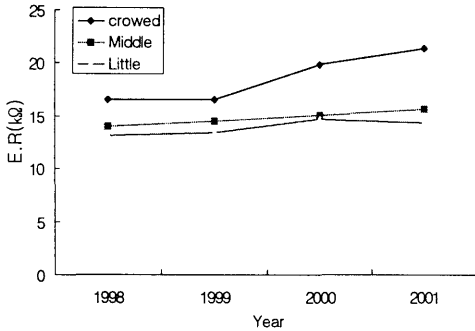


Fig. 3. The change of electric resistance according to tree density during four years.

Fig. 3은 임목밀도와 솔잎혹파리 피해도에 따른 수세의 변동을 나타낸 것으로 임목밀도는 밀도가 「밀」한 임분이 「경」한 임분보다 4년간 모두 수세가 나쁘게 나타났고, 밀도가 「경」, 「소」한 임분의 수세는 밀도가 「밀」한 수세보다 년도가 경과함에 따라 다소 완만하게 나빠지는 경향이 있는 반면에 밀도가 「밀」한 지역은 년도가 경과함에 따라 수세가 나빠지는 경향이 뚜렷하다.

4. 피해도별 전기저항치의 변동

Fig.4는 피해도별에 따른 수목의 전기저항치의 변동을 나타낸 것으로 피해도 「심」지역이 「중」, 「경」 지역에 비하여 수목의 저항치가 높게 나타나고 있다. 이것은 솔잎혹파리 피해시 피해 정도에 따라 수목의 수세가 다르게 나타난다는 것을 의미하고 있다.

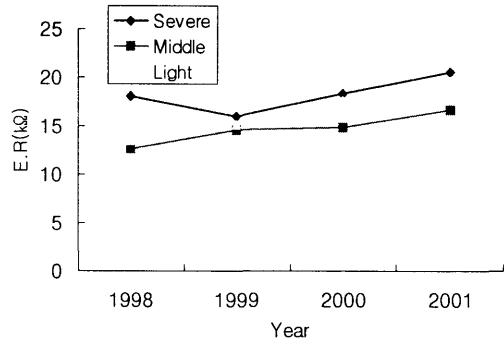


Fig. 4. The change of electric resistance according to damage rate during four years.

5. 전기저항치에 따른 외형적인자의 크기

Table 5는 전기저항치에 따른 외형적인자의 크기를 나타낸 것으로 양양군의 임목밀도 2400 본/ha 경우 전기저항치 14kΩ이하의 수목의 경우 수고 11.5m, 수관폭 4.5m, 흉고직경 19.5cm, 지하고 6m 이었으며, 전기저항치 20kΩ이상의 경우 수고 10.6m, 수관폭 2.4m, 흉고직경 12.7cm, 지하고 7.5m이었다. 전기저항치 낮은 경우의 외형적 인자가 전기저항치 높은 경우 보다 좋음을 알 수 있으며, 전기저항치 14kΩ이하의 솔잎혹파리 피해시 생존 가능성이 있는 수목으로 판단되며, 전기저항치 20kΩ이상의 수목은 고사할 확률이 높은 수목으로 판단된다.

6. 직선회귀식의 산출

Table6는 외형적 인자와 수목의 전기저항치의 관계를 회귀식으로 산출한 것으로 유의확률(P)이

Table 5. The size of external factor according to electric resistance(2400tree/ha).

E.R.(kΩ)	Height	C - W	D.B.H	C - L	Mean of E.R
~14	11.5	4.5	19.5	6	12.3
14~20	10.7	3.5	16	6.5	16.7
20~	10.6	2.4	12.7	7.5	24

Table 6. The linear regression analysis of electric resistance and external factors in Yangyang Gun

	Non Standard Coefficient		Standard Coefficient	t	P
	B	Standard error	Beta		
SRC	25.765	1.176		21.908	.000
Height	-.572	.175	-.279	-3.264	.001
C-W	-1.163	.223	-.342	-5.207	.000
DBH	-.242	.061	-.283	-3.974	.000
C-L	.757	.157	.387	4.835	.000

모두 유의수준 0.05에서 추정된 회귀계수들에 있어서 모두 유의함을 알 수 있어 다음과 같은 다중회귀식으로 사용할 수 있다.

$$Y = -0.572 \times \text{수고} - 1.163 \times \text{수관폭} - 0.242 \times \text{흉고직경} + 0.757 \times \text{지하고} + 25.765$$

결론

솔잎혹파리 피해시 외형적인자 전기저항치의 관계를 보면 수관폭과 흉고직경은 그들의 인자가 클수록 전기저항치가 낮음(수목의 활력이 양호) 알 수 있었고 지하고는 뚜렷한 관계를 가지지 않는 것으로 나타났다.

Table. 4에서 나타난 바와 같이 임분밀도에 있어서 「밀」한 지역의 수목 전기저항치가 「경」한 지역보다 높음(수목의 활력이 불량)을 알 수 있었고 피해도에 따른 저항치의 비교는 「심」지역이 「경」지역과 비교하여 전기저항치 높았으나 임목 밀도와 같은 관계를 보이지는 않았다.

이것은 솔잎혹파리 피해가 소나무의 임분밀도와 관련이 있는 것으로 판단되고 있으며, 이에 대한 연구가 차후에 실시되어야 할 것으로 판단된다.

솔잎혹파리 피해를 받은 임분에서 외형적인자의 크기를 조절하는 무육간벌 등을 통해 적정 수준의 임분밀도를 조절한다면 해충에 대한 피해를 어느 정도 경감시켜 줄 수 있을 것이다.

인용문헌

1. 박기남, 현재선. 1983. 솔잎혹파리가 소나무 생장에 미치는 영향에 관한 연구(Ⅱ)-소나무의 피해- 한림지. 62: 87~95.
2. 이범영, 정진영, 변병호, 최병희. 1991. 환경인자에 의한 솔잎혹파리 피해위험도 예측. 임업 연보, No.42 : 127 - 134.
3. 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.
4. Blanchard, R. O., and W. C. 1977. Shortle. Changes in electrical resistance associated with disease and death of elem seedlings. Proc. Am. Phytopathol. Soc. 4 : 83(Abstr).
5. Blanchard, R. O. and J. K. Carter. 1980. Electrical resistance measurements to detect dutch elm disease prior to symptom expression. Can. J. For. Res. 10 : 111-113.
6. Davis, W., A. L. Shigo and R. Weyrick. 1979. Seasonal changes in electrical resistance of inner bark in red oak, red maple and eastern white pine. For. sci. 25 : 282-286.

7. Ko Je-Ho and Katsura Morimoto. 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.
8. Mitchell, R.G., R.H. Waring and G.B. Pitman. 1983. Thinning Lodgepole pine increase tree vigor and resistance to Mountain pine beetle. *Can. Ento.* 106:979-984.
9. Philip M. Wargo and H. Richard Skutt. 1975. Resistance to pulsed electric current: an indicator of stress in forest tree¹. *Can.J.For.Res.Vol.* 5 : 557-561.
10. Smith, D., A. L. Shigo, L. O. Safford, and R. O. 1976. Blanchard. Resistance to pulsed current reveals differences between non released, released, and released-fertilized paper birch trees. *For. Sci.* 22 : 471-472.
11. Skutt, H. R., A. L. Shigo and R. A. Lessard. 1972. Detection of discolored and decayed wood in living trees using a pulsed electric current. *Can. J. For. Res.* 2 : 54-56.
12. Tattar, T. A., A. L. Shigo and T. Chase. 1972. Relationship between the degree of resistance to a pulse electric current and wood in progressive stages of discoloration and decay in living tree. *Can. J. For. Res.* 2 : 236-243.
13. Wargo, P. M. and H. R. 1975. Skutt. Resistance to a pulsed current: An indicator of stress in forest trees. *Can. J. For. Res.* 5 : 557-561.
14. W. C. Shortle and J. Abusamra and F. M. 1979. Laing and M. F. Morselli. Electrical Resistance as a guide to thinning sugar maples. *Can. J. For. Res. Vol.* 9 : 436-437.
15. 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.
16. W.S. Shortle, A.L. Shigo, P. Beery and J. Abusmara. 1977. Electrical resistance in tree cambium zone : Relationship to rate of growth and wound closure. *Forest Sci.* 23 : 326-329.