

소나무에서의 솔잎혹파리 피해 분포

Distribution of pine needle gall midge, *Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye (Diptera: Cecidomyiidae), infestations on Japanese red pine, *Pinus densiflora* S. et Z.

정영진¹ · 이준호² · 이범영¹

Yeong-Jin CHUNG¹, Joon-Ho LEE² and Buom-Young LEE¹

ABSTRACT Distribution of pine needle gall midge infestations was analyzed from data collected in young Japanese red pine stands during 1992, and 1995~1996 in Kangwon-do. No significant differences in percentages of infested needle pairs were found among trees and between terminal and lateral shoots within a tree. However, the mean percentages of infested needle pairs increased significantly from the lower crown to the upper. Percentages of infested needle pairs on sample units, consisting 1 terminal and 2 lateral shoots, in the midcrown were best predictors of whole-tree percentages than were other crown levels. Therefore, a sample unit consisting of 1 terminal shoot and 2 lateral shoots per branch were fixed from the midcrown level. Number of tree and sample unit combinations needed to estimate pine needle gall midge infestations with given two levels of precision were determined.

KEY WORDS Pine needle gall midge, *Thecodiplosis japonensis*, within-tree distribution, sample unit, sampling method

초 록 1992년, 1995년 및 1996년 3년 동안 솔잎혹파리의 피해가 확대되고 있는 강원도 평창군, 강릉시, 양양군 일원의 소나무 임지에서 본 해충의 공간분포 양식을 조사한 결과, 솔잎혹파리 충영형성율의 소나무간 및 소나무내 분포의 특징은 수고별로는 충영형성율에 있어 큰 차이를 보이지 않으나 수관부위별로는 상부 > 중부 > 하부로 뚜렷한 차이를 보였다. 소나무 치수에서도 정아신초의 충영형성율이 가장 높고 수관 하부쪽으로 갈수록 충영형성율이 낮아지는 것으로 나타났다. 피해선단지의 솔잎혹파리 표본조사본수로는 수관 중부의 주초 1개와 측초 2개를 표본단위로 하여 1본당 2개의 표본단위를 취할 때, 10%수준의 오차범위에서는 32본, 25%수준의 오차범위에서는 5본을 택하는 것이 효율적인 것으로 판단되었다.

검색어 솔잎혹파리, 충영형성율, 공간분포, 표본단위, 표본조사법

솔잎혹파리는 소나무와 곰솔의 새로 나온 잎 밑부분에 벌레혹(충영)을 만들어 잎이 정상적으로 자라지 못하게 하고 피해를 받은 그 해에 잎을 죽게 하므로 임목생장에 영향을 주고 피해가 심할 경우, 신초 고사와 임목 고사를 일으키는 중요한 산림해충이다.

우리나라에서는 高木(1929)에 의해 서울과 전라남도 무안에서 솔잎혹파리 발생이 최초로 확인된 후, 전국적으로 피해가 확산되어 가는 과정에서 매우 뚜렷하고 특이적인 현상을 나타내는 것으로 밝혀졌다. 솔

잎혹파리가 새로운 지역으로 침입하였을 때의 확산양상을 보면 먼저 한 그루 또는 여러 그루의 소나무에 군상(群狀)으로 정착한 후, 2~3년내에 전면적으로 확산되며 아울러 피해율도 증가한다. 솔잎혹파리의 피해가 확산되어 가는 지역에 있어서의 발생경과년수별 밀도의 변동은 해에 따라, 지역에 따라 다소 차이가 있으나 일반적으로 최초 발생 이후 지속적으로 상승하여 약 6~7년을 전후하여 최고밀도를 나타내며 이 기간을 전후하여 대부분의 임목 피해가 발생하고, 그

¹임업연구원 산림곤충과(Division of Forest Entomology, Forestry Research Institute, Seoul 130-012, Korea)

²서울대학교 농업생명과학대학 농생물학과(Department of Agricultural Biology, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea)

이 논문은 1995년부터 수행중인 농림부 첨단기술개발사업인 '솔잎혹파리의 종합관리시스템 개발' 연구 결과의 일부임.

직후에는 급속히 감소되며 이와 같은 충영율의 변동 과정은 약 12세대에 걸쳐 일어나고 그 이후에는 밀도가 낮은 상태에서 안정을 유지하는 회복현상을 나타내고 있다(박과 현 1983, 이 1987, 1992).

그동안 소나무와 곰솔에 있어서 솔잎혹파리 피해 분포 및 표본조사법에 대한 연구로는 피해발생 역사가 비교적 오래된 지역에서 보고된 결과만 있으며(임업시험장 1969, 현 1980) 솔잎혹파리 피해가 확대되고 있는 선단지역에서 조사된 결과는 없는 실정이다. 본 논문은 솔잎혹파리 피해가 확대되고 있는 선단지역에서 소나무내 피해 분포양식을 구명하고 표본조사법을 개발하기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

솔잎혹파리 충영형성율의 공간분포 양식 조사

1992년 9월하순에 솔잎혹파리 피해선단지의 소나무 임지에서 피해도별로 소나무간 및 소나무내 충영형성율의 공간분포 양식을 조사하기 위하여 여러 수령군이 혼재된 소나무 천연림중에서 전년도의 피해를 기준으로 피해도 '중(충영형성율 20~50% 미만)' 지역인 강원도 평창군 평창읍 주진리와 피해도 '심(충영형성율 50% 이상)' 지역인 평창군 평창읍 도둔리에 조사지를 선정하였다. 공시목은 조사지별로 소나무의 수고를 기준으로 임의로 4그룹(I: 2 m 미만, II: 2~4 m, III: 4~6 m, IV: 6 m 이상)으로 구분하여, 각 그룹별로 피해도 '중' 지역에서는 3본씩을, 피해도 '심' 지역에서는 5본씩을 임의로 선정하였다. 충영형성율의 소나무 수간 및 수내 분포 조사를 위해 먼저 동일 가지내의 주초 1개와 측초 2개를 표본단위(sample unit)로 정하였다. 시료 채취는 공시목의 수관을 상부, 중부, 하부로 구분하여 수관 상부에서는 2가지에서 각 1개씩의 표본단위를 채취하였고, 수관의 중부와 하부에서는 각각 2가지에서 2개씩의 표본 단위를 채취하였다. 채취한 표본단위의 총 규모는 피해도 '중' 지역의 경우 120개, 피해도 '심' 지역은 200개로 다소 차이가 있으며 채취한 시료는 실내에서 표본단위별, 주초와 측초의 신초 종류별로 신초의 길이와 건전엽수, 충영형성엽수, 고사엽수 등을 전수 조사하여 충영형성율을 산출하였다.

1995년과 1996년 10월 상순에는 솔잎혹파리 피해 선단지역에 있어서 피해도별 소나무의 치수(稚樹)간 및 치수내 충영형성율의 공간분포 양식을 조사하기 위하여 전년도의 피해를 기준으로 피해도 '중' 지역인

강원도 양양군 현북면 어성전리와 피해도 '심' 지역인 강릉시 연곡면 삼산리에 위치한 소나무 치수 자생지에 조사지를 선정하였다. 공시목은 수고 2~3 m의 치수를 대상으로 피해도 '중' 지역에서는 20본을, 피해도 '심' 지역에서는 10본을 임의로 선정하였으며 공시목 별로 제 1지계(枝階)에서 정아 신초와 측초 각 1개씩과 제 2지계 및 제 3지계에서 각각 주초와 측초 1개씩을 표본 채취하였다. 표본으로 취한 신초시료의 규모는 각각 120신초와 60신초였으며 채취한 시료는 실내에서 각 신초표본별로 길이를 조사한 후, 기부, 중간부, 선단부로 3등분하여 부위별로 건전엽수, 충영형성엽수 및 고사엽수 등을 조사하여 충영형성율을 산출하였다.

분석방법 및 표본조사법 개발

본 시험설계는 조사지/조사지내 소나무/소나무내 수관부위(지계)/수관부위(지계)내 주초와 측초의 신초 종류/신초내 잎의 부착 부위 등, 계층구조적으로 분류되어 있다. 분산분석모델은 이러한 형식에 적합한 NANOVA(nested analysis of variance) 모델을 이용하였으며(Snedecor와 Cochran 1967) 충영형성율 조사자료는 평균치와 분산을 안정시키기 위하여 arcsin변환을 실시하였다. 분산분석은 Harcourt와 Binns(1980), Luck과 Dahlsten(1980) 등의 예와 같이 조사지와 조사지내 소나무, 수관 부위내 주초와 측초의 신초 종류 등은 임의로 선택될 수 있으나, 수관 부위(지계)는 항상 고정되므로 수관부위(지계)를 fixed effect로 하고 나머지 요인들을 random effects로 한 mixed model로 분석하였다(SAS 1987).

피해선단지의 솔잎혹파리 표본조사법 개발을 위해서는 수관을 총화하여 표본을 채취하는 방법(현 1980) 대신, 소나무 전체의 평균 충영형성율과 수관 부위별 평균 충영형성율과의 관계를 직선회귀식으로 비교하여 특정 수관 부위를 1차 표본 조사지점으로 한정시켰다. 적정 표본수는 한정된 1차 표본 조사지점에서의 표본단위(주초 1개, 측초 2개)별 충영형성율의 수간 및 수내 분포를 NANOVA 모델로 통계분석한 후, 수간 변이와 수내 변이를 이용하여 다음의 식으로 산출하였으며 주어진 오차 범위내에서 표본단위를 달리하였을 때의 표본본수와 피해도별 적정 표본본수를 결정하였다.

$$n_t = \{(S_e^2/n_w) + S_t^2\} / \{(\bar{x} \times D)^2\}$$

여기서 n_t 는 표본 본수, n_w 는 본당 표본단위수, S_w^2 는 소나무내 변이, S_t^2 는 소나무간 변이, \bar{x} 는 평균 충영형성율, D는 미리 주어지는 정확도를 각각 나타낸다 (Snedecor와 Cochran 1967, Southwood 1978). 소나무내 변이(the within tree variance)인 S_w^2 에는 표본단위의 변이 뿐만 아니라 소나무와 표본단위간의 상호작용에 의한 변이와 오차의 변이를 포함시켰다(Luck과 Dahlsten 1980).

결과 및 고찰

솔잎혹파리 충영형성율의 공간분포 양식

솔잎혹파리의 피해선단지에서 여러 수령군이 혼재된 소나무 천연림중 전년도의 피해를 기준으로 피해도 '중'과 '심' 임분에서 각각 소나무의 수고를 기준으로 2 m 미만, 2~4 m, 4~6 m, 6 m 이상의 4그룹으로 구분하여 수간 및 수내에서의 충영형성을 분포를 분산분석한 결과, Table 1과 같다. 피해도 '중' 임분에서는 소나무내의 수관 부위간과 수고 그룹과 수관 부위, 수고 그룹내 소나무와 수관 부위간에서 유의차를 나타내었고 ($P<0.05$) 피해도 '심' 임분의 경우 소나무내의 수관 부위간 및 수고 그룹내 소나무와 수관 부위간에서 고도의 유의차($P<0.001$)를 나타내었다.

수고 그룹간에는 분산분석 결과 유의차가 없었으나 Table 2와 같이 수고 2 m 이하의 치수는 상대적으로 충영형성율이 낮은 경향을 보였으며 피해도에 관계없이 큰 나무에서 충영형성율이 높은 경향을 나타내어 현(1980)의 보고와 대체로 일치하였다. 동일 수고 그룹내의 소나무간 및 주초와 측초의 신초 종류별로는 피해도에 관계없이 충영형성율에 있어 유의차가 없었다.

Table 2. Mean percentages of infested needle pairs by each tree height groups of *Pinus densiflora* between damage classes

Tree height group	Percentages of infested needle pairs by damage classes	
	Moderate	Severe
Below 2 m	16.7±1.57c*	48.7±2.37c
2~4 m	30.7±2.19ab	61.9±1.86b
4~6 m	26.7±2.19b	59.2±1.98b
Above 6 m	34.4±1.74a	76.8±1.33a

*Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability level (Tukey's studentized range test).

동일 수고 그룹에서 수관 부위에 따른 충영형성율의 차이를 보면 Table 3과 같이 피해도가 '중'인 임분의 경우, 평균 충영형성율은 수관 상부가 38.6%, 중부가 29.3%, 하부가 19.2%로 차이를 나타냈으며 피해도가 '심'인 임분의 수관 상부와 중부, 하부의 평균 충영형성율은 각각 77.3%, 61.7%, 53.7%로서 피해도 '중'의 임분과 마찬가지로 상부 > 중부 > 하부의 순으로 수관 부위에 따른 충영형성율의 차이가 뚜렷하였다. 이러한 결과는 우리나라에서 솔잎혹파리의 피해가 최초로 발견된 전남 무안군에서 곰솔을 대상으로 조사한 현(1980)의 결과와 다소 차이를 나타내는 것으로 솔잎혹파리에 의한 피해 발생 역사의 차이에 따른 것으로 판단된다.

Table 4는 솔잎혹파리의 피해선단지에서 전년도의 피해를 기준으로 피해도 '중' 지역과 피해도 '심' 지역에서 수고 2~3 m의 소나무 치수를 대상으로 수간 및 수내에서의 충영형성을 분포를 분산분석한 결과이다. 치수간에는 피해도에 관계없이 충영형성율에 있어 유의

Table 1. NANOVA for percentages of infested needle pairs of *Pinus densiflora* by damage classes in Pyongchang, Kangwon-do in 1992. All data were transformed into arcsin $\sqrt{(\%)}$

Source of variation	Moderate			Severe		
	d.f.	M.S.	F-value	d.f.	M.S.	F-value
Tree height groups	3	2987.06	1.69	3	9397.58	2.81
Trees within height groups	8	1762.48	0.39	16	3338.55	0.33
Crown levels	2	4466.33	10.10*	2	10213.07	80.56***
Tree height groups × crown levels	6	441.99	3.02*	6	126.78	0.30
Trees within height groups × crown levels	16	146.50	2.05*	32	422.83	5.26***
Location of shoots within crown levels	36	71.51	1.03	60	80.41	0.68
Error	288	69.22		480	117.88	

*5%, **1%, and ***0.1% level of significance.

Table 3. Mean Percentages of infested needle pairs by crown levels of each tree height groups of *Pinus densiflora* between damage classes

Damage class	Crown level	Percentages of infested needle pairs in each tree height groups				
		below 2 m	2~4 m	4~6 m	above 6 m	Average
Moderate	Upper	17.5 ± 3.02a*	51.2 ± 5.50a	41.7 ± 3.03a	43.9 ± 4.04a	38.6 ± 2.48a
	Mid	17.6 ± 2.70a	29.9 ± 2.65b	30.8 ± 2.31b	38.9 ± 2.71a	29.3 ± 1.43b
	Lower	15.3 ± 2.46a	21.2 ± 2.72b	15.2 ± 1.32c	25.0 ± 1.85b	19.2 ± 1.12c
Severe	Upper	65.9 ± 4.84a	78.4 ± 2.71a	76.0 ± 2.68a	88.9 ± 1.58a	77.3 ± 1.74a
	Mid	45.8 ± 3.08b	64.4 ± 2.80b	60.0 ± 2.92b	76.8 ± 1.86b	61.7 ± 1.52b
	Lower	42.9 ± 4.12b	51.2 ± 2.79c	50.0 ± 3.27c	70.8 ± 2.29b	53.7 ± 1.72c

*Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability level (Tukey's studentized range test).

Table 4. NANOVA for percentages of infested needle pairs of *Pinus densiflora* saplings by damage classes in Yangyang and Kangnung, Kangwon-do in 1995 and 1996

Source of variation	Moderate			Severe		
	d.f.	m.s.	F-value	d.f.	m.s.	F-value
Trees	19	728.43	0.27	9	883.72	0.14
Branch orders	2	2711.63	13.47***	2	6372.56	23.81***
Branch orders × trees	38	201.38	1.63*	18	267.59	1.26
Location of shoots within branch orders	60	123.88	1.91***	30	212.18	2.91***
Error	240	64.95		120	72.87	

*5%, **1%, and ***0.1% level of significance, All data were transformed by arcsin $\sqrt{(\%)}$

차가 없었으며 치수내의 지계간에는 고도의 유의차(P < 0.001)를 나타내었다. 또한 지계내의 주초와 측초의 신초 종류별로도 소나무 임분에서와는 달리 고도의 유의차(P < 0.001)를 나타내었다.

소나무 치수의 제 1지계와 제 2지계, 제 3지계에서의 지계간 평균 충영형성율과 지계내 주초와 측초간의 평균 충영형성율의 차이를 보면 Table 5와 같이 지계간

충영형성율의 경우 피해도에 관계없이 제 1지계가 가장 높았고 다음으로 제 2지계였으며 제 3지계가 가장 낮았다. 동일 지계내에서 주초와 측초간의 신초 종류별로는 주초의 충영형성율이 측초에 비해 다소 높은 경향이었다. 특히, 정아 신초의 평균 충영형성율은 피해도가 '중'인 치수의 경우 36.6%, 피해도가 '심'인 치수의 경우 91.8%로서 가장 높은 것으로 나타났다.

동일 신초내에서 잎이 부착된 부위에 따른 평균 충영형성율의 차이는 Table 6과 같이 피해도 '중'의 치수에서는 기부 22.4%, 중간부 25.5%, 선단부 25.3%였으

Table 5. Mean percentages of infested needle pairs in the location of shoots within branch orders of *Pinus densiflora* saplings

Branch order	Location of shoots	Percentages of infested needle pairs by damage classes	
		Moderate	Severe
1st	Top	36.6 ± 3.26a*	91.8 ± 1.32a
	Lateral	28.7 ± 3.32ab	81.7 ± 2.94ab
2nd	Terminal	22.3 ± 3.23bc	75.1 ± 3.09bc
	Lateral	21.0 ± 3.43bc	66.0 ± 3.61c
3rd	Terminal	17.1 ± 1.85c	65.6 ± 3.50c
	Lateral	21.0 ± 2.05bc	52.1 ± 3.89d

*Means within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% probability level (Tukey's studentized range test).

Table 6. Mean percentages of infested needle pairs by three parts attached with needles of shoot of *Pinus densiflora* saplings

Needles attached in three parts of shoot	Percentages of infested needle pairs by damage classes	
	Moderate	Severe
Basal	22.4 ± 1.34*	73.6 ± 2.56
Middle	25.5 ± 1.56	72.5 ± 2.93
Frontal	25.3 ± 1.68	70.1 ± 2.79

*Means are not significantly different at 5% probability level (Tukey's studentized range test).

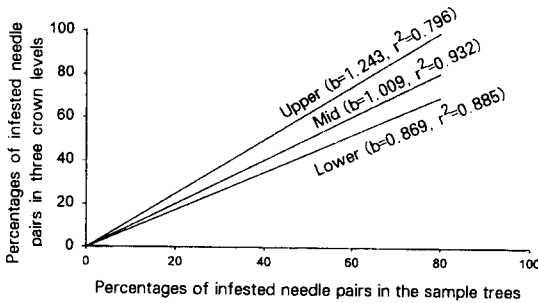


Fig. 1. Relations between mean percentages of infested needle pairs per tree and mean percentages of infested needle pairs in each crown levels of *Pinus densiflora*.

며 피해도 '심'의 치수는 기부 73.6%, 중간부 72.5%, 선단부 70.1%로 신엽의 신초내 부착위치에 따른 충영형성율의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

표본단위의 결정 및 적정표본수 산출

Fig. 1은 소나무 임분에서 1본당 수관상부에서는 2가지를 대상으로 가지당 주초 1개와 측초 2개를 채취하여 총 6개 신초(주초 2개, 측초 4개)를 채취하고 수관 중부와 하부에서는 각각 4가지를 대상으로 가지당 주초 1개와 측초 2개를 채취하여 총 12개 신초(주초 4개, 측초 8개)씩을 채취하여 1본당 총 표본신초 채취규모를 30개로 하였을 때, 수관 부위별 평균 충영형성율과 소나무의 전체 평균 충영형성율과의 관계를 나타낸 것이다. 수관 중부의 평균 충영형성율과 소나무의 전체 평균 충영형성율과는 $b=1.009$ 로서 1과 유의차가 없었으며 회귀직선의 결정계수, $r^2=0.932$ 로서 가장 높은 것으로 나타났다. 따라서 솔잎혹파리 충영형성율의 조사

에 있어 표본단위(sample unit)는 수관 중부의 신초가 적합한 것으로 판단이 된다.

Table 7은 수관 중부의 주초 1개, 측초 2개를 표본단위로 고정된 후, 1본당 4개씩의 표본단위를 취했을 때의 분산분석 결과이다. 미리 주어지는 정확도, 즉 오차범위는 일반적으로 생명표의 연구 등 개체군 동태학적인 연구에서는 10%정도가 주어지지만 피해도 조사나 방제효과 등의 조사에서는 25% 정도의 오차범위도 충분한 것으로 인정되고 있다(Southwood 1978).

Table 7의 분산분석표에서 얻어진 수간 변이와 수내 변이를 토대로 주어진 10%와 25% 오차범위내에서 표본단위수를 달리하였을 때 표본조사 본수와와의 관계는 Table 8과 같다.

Table 8을 보면 한 나무에서 표본단위수를 많이 취할수록 표본조사 본수는 줄어들지만 전체 표본수가 많아지는 단점이 있다. 솔잎혹파리의 가해 충태인 충영내 서식기에 있어 밀도의 단위는 신초 cm당 충영수를 기준으로 적용한 바도 있으나, 수관부위별, 주초와 측초의 신초종류별로 신초 cm당 엽수에 차이가 많아 정확도가 문제가 되면서 현재 충영형성율이라는 상대적 밀도를 기준으로 하고 있다(현 1980, 임업시험장 1985). 충영형성율을 기준으로 한 표본조사법은 피해 정도를 비교적 정확하게 표현할 수 있는 장점이 있지만 표본을 채취하여 야외에서 직접 조사하기는 어려우며 실내로 반입한 후, 표본별로 충엽수와 충영형성엽수를 조사하여 충영형성율을 산출하기 때문에 표본의 채취보다는 표본의 조사에 많은 시간이 소요되는 문제점이 있다. 따라서 신초표본의 수를 가능한 한, 적게하면서

Table 7. NANOVA for percentages of infested needle pairs in mid-crown sample unit (1 terminal and 2 lateral shoots) of *Pinus densiflora*

Source of variation	d.f.	M.S.	F-value
Damage levels	1	41008.87	14.03**
Tree height groups within damage levels	6	2921.98	2.41
Trees within tree height groups	24	1211.67	1.54
Sample units	3	788.28	6.29
Damage classes × sample units	3	125.28	0.82
Tree height groups × sample units	18	152.46	1.18
Trees × sample units	72	128.94	1.80***
Error	256	71.54	

*5%, **1%, and ***0.1% level of significance, All data were transformed by arcsin $\sqrt{(\%)}$

Table 8. Number of sample trees and sample unit combinations needed to estimate percentages of infested needle pairs at 2 levels of precision. The sample unit consists of 3 shoots, which are 1 terminal and 2 lateral shoots taken from the mid-crown

No. of sample units within tree (n_w)	Precision levels (%)	Number of sample tree (n_t)	Total number of samples
1	10	56	56
	25	9	9
2	10	32	64
	25	5	10
3	10	24	72
	25	4	12
4	10	19	76
	25	3	12

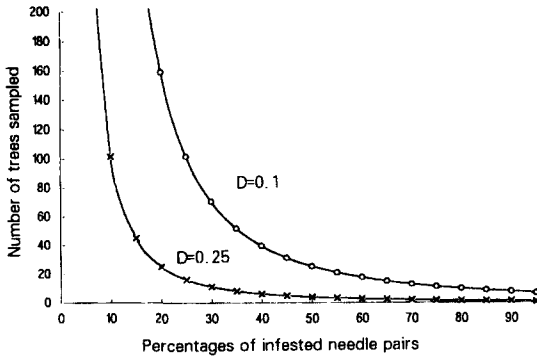


Fig. 2. Number of sample trees needed to estimate percentages of infested needle pairs at 2 levels of precision.

도 정확하게 피해도를 산출할 수 있는 방법이 요구되고 있다. 이러한 점을 고려해 볼 때, 한 나무에서 2개의 표본단위, 즉 2가지를 대상으로 각 가지별로 주초 1개와 측초 2개씩을 채취하는 방식으로 하여 10%수준의 오차 범위가 주어지는 개체군 동태 연구 등 정밀조사에서는 32본을 택하고, 25%수준의 오차 범위도 충분한 피해도 조사나 방제 효과 조사 등에서는 5본을 택하는 것이 효율적인 것으로 판단이 된다. 이 방법은 수관을 총화하지 않고 표본을 채취하고 표본규모도 크지 않아 바람직한 것으로 생각이 되나 광범위한 지역을 대상으로 피해 정도를 신속하게 조사하기 위해서는 측차표본조사법의 개발이 절실히 요구된다.

Fig. 2는 표본단위를 2개로 하였을 때 주어진 10%와 25%의 오차 범위내에서 총영형성율의 차이에 따른 표본 조사 본수의 관계를 나타낸 것으로 피해가 심한 경우, 표본조사 본수는 상대적으로 줄어들지만 반대로 피해가 경한 경우에는 더 많은 표본조사 본수가 필요한 것을 나타내고 있다.

인용문헌

林業試驗場. 1969. 광능시험림의 솔잎혹파리 구제에 관한 보고. 임업시험장 연구자료 제7호. 95pp.

林業試驗場. 1985. 솔잎혹파리研究白書. 임업시험장. 278pp.

Harcourt, D. G. & M. R. Binns. 1980. A sampling system for estimating egg and larval populations of *Agromyza frontella* (Diptera: Agromyzidae) in alfalfa. *Can. Entomol.* 112: 375-385.

玄在善. 1980. 솔잎혹파리의 樹上 分布樣式에 關한 研究. *서울大農學研究* 5(1): 25-41.

李範英. 1987. 솔잎혹파리 分布廣大地域에서의 個體群動態에 關한 研究. 慶熙大學校 大學院 博士學位論文 110pp.

李範英. 1992. 솔잎혹파리의 生態特性과 管理戰略. '92 강원대학교 임과대학 국제학술심포지움 pp. 118-134.

Luck, R. F. & D. L. Dahlsten. 1980. Within and between tree variation of live and parasited Douglas-fir tussock moth, *Orgyia pseudotsugata* (Lepidoptera: Lymantriidae), cocoons on white fir in central California and its implications for sampling. *Can. Entomol.* 112: 231-238.

朴基南, 玄在善. 1983. 솔잎혹파리가 소나무生長에 미치는 影響에 關한 研究(I) 총영形成率의 變動. *韓國林學會誌.* 61: 20-26.

SAS Institute Inc. 1987. SAS/STAT™ Guide for Personal Computer, version 6. SAS Institute, Cary, N.C.

Snedecor, G. W. & W. G. Cochran. 1967. *Statistical Methods* (6th ed.). Iowa State Univ. Press.

Southwood, T. R. E. 1978. *Ecological Methods*, 2nd ed. Chapman and Hall, London. 391pp.

高木五六. 1929. 恐るべき赤松の新害蟲發生す. *朝鮮山林會報.* 53: 43-44.