

## 편백재의 흰개미 살충활성에 관한 연구

강하영\* · 최인규

임업연구원

**초 록 :** 주요 목재해충인 흰개미에 대하여 천연산 편백이 가지는 살충활성의 크기를 정량적으로 취급하고, 수종간 및 서로 다른 함침재료 간에 발생하는 활성의 차이를 termiticidal activity value(TAV, 살충활성치)로 정의하여 해석했다. 그 결과, 흰개미에 대한 TAV는 편백>육박나무>대만편백>후피향나무의 순이었으며, 특히 편백의 활성은 다른 3 수종보다 5~9배 강력했다. 또 편백의 median survival dosage(MSD, 반수치사량)는 108.8 mg이었다. 편백에 의한 목분시험과 여과지 함침시험 어느 경우에도 흰개미 살충활성은 첨가 시료중량의 대수치와 그 median survival time(MST, 반수치사일수)의 대수치와의 사이에 반비례 관계가 성립했다. 또한 목분과 여과지에 대한 함침재료간 활성치는 메탄올추출물에서 작은 반면 중성부에서 3.21배로 매우 컸다. 그러나 중성부의 살충력은 원목분의 17~53%로서 실험 조작과정에서 47~83%의 활성손실이 확인되었다. (1999년 10월 14일 접수, 1999년 12월 23일 수리)

### 서 론

목재는 재생산 가능한 자원으로서 가격이 저렴하다는 훌륭한 장점을 지닌 반면, 조건에 따라서는 생물열화를 일으키는 등 단점도 아울러 가지고 있다. 목재가 해충에 의해 피해를 입는 대표적인 경우가 흰개미에 의한 피해일 것이다. 흰개미는 곤충 분류학상 等翅目に 속하여 膜翅目の 개미와는 유연관계가 멀고, 오히려 食材性 바퀴벌레에 가까운 곤충이다. 흰개미는 현재까지 7과 2,300여종이 보고되어 북위 45~남위 50도까지 분포하고 있으나, 세계적으로는 열대 및 아열대에 집중적으로 분포하고 있으며 극소수의 종이 온대에 서식하고 있는 것으로 알려져 있다.<sup>1)</sup> 한국에는 현재 1과 2종(집흰개미, 일본흰개미)의 생육이 확인되고 있으나 기후의 온난화와 함께 다른 종의 유입도 예상할 수 있다. 이 중에서 집흰개미가 사찰을 비롯한 목조주택에 큰 피해를 입히는 것으로 알려져 있다.

흰개미는 영양원으로서 목재를 이용하고 있으나 모든 수종이 피해를 입는 것은 아니며, 목재가 가지는 여러 가지 물리·화학적 요인에 의해 지배된다. 즉 목재가 갖는 흰개미에 대한 저항성은 수종별로 차이가 있으며, 동일수종 간에도 생육조건 또는 부위에 따라 다른 것이 보통이다. 흰개미는 견고한 목재보다 연한 목재를 선호하는 경향이 있으며, 같은 목재라도 심재는 변재보다, 晩材는 早材보다 가해가 어렵다.<sup>2)</sup> 또한 목재가 가지는 기피성분이나 살충성분에 의해 내충성이 향상되는 경우도 있다. 온대산재 중 금송,<sup>3)</sup> 비자나무,<sup>4)</sup> 화백,<sup>5)</sup> 편백,<sup>6)</sup> 음나무,<sup>7)</sup> 후피향나무,<sup>8)</sup> 멸구슬나무,<sup>9)</sup> 육박나무,<sup>10)</sup> Eastern redcedar,<sup>11)</sup> Bald cypress,<sup>12)</sup> 등의 수종에서는 강력한 흰개미 살충활성성분이 존재하는 것으로 보고되어 있으며 각각의 활성성분도 단리 동정되었다. 그러나 이들 연구는 활성성분의 단리 동정에 초점을 맞춘 나머지 활성의 크기를 소홀히 취급한 경향이 있으므로,

수종 및 성분 상호간의 활성비교가 곤란한 결점이 있다.

그러므로 본 연구에서는 수종 및 함침재료 상호간에 활성의 크기가 직접 비교 가능한 하나의 검량법을 제안하고자 하였다. 여기에서는 먼저 편백 심재목분이 가지는 흰개미에 대한 내충 및 살충활성을 심층적으로 분석하여 타 수종과의 활성의 크기를 비교 검토했다. 이어서 목분 및 그 추출물에 대한 살충활성의 크기를 정량적으로 취급하여 수종간 및 서로 다른 추출물 함침재료간에 나타나는 활성의 차이를 살충활성치(TAV, Termiticidal Activity Value)로 정의하여 해석했다.

### 재료 및 방법

#### 공시목

본 연구에 사용한 편백(*Chamaecyparis obtusa* Endl.)은 수령 80년 이상의 천연목으로서, 제재 후 실험실에서 10년 이상 보관하고 있던 것을 사용했다. 비교재로 사용한 3 수종 중 육박나무(*Litsea coreana* Leveille) 및 후피향나무(*Temstroemia gymnanthera* Wright et Arn.)는 목재업자로부터 입수했고, 대만편백(*Chamaecyparis obtusa* Endl. var. *formosensis*)은 대만에서 기증받은 판재(심재)를 사용했다.

#### 공시충

공시충으로는 목조건축물에 큰 피해를 입히는 집흰개미를 대상으로 했다. 집흰개미(*Coptotermes formosanus* Shiraki)는 야외에서 활동이 활발한 시기(5~10월)에 소나무 원목을 흰개미집 주위에 매설하여 유인한 후, 실험 실시 직전에 파내어 실험실에서 1~2주간 사육한 다음 사용했다.

#### 목분에 의한 생물시험

공시재료로부터 42~100 mesh의 목분을 제조하여 중량별 시료를 사레(외경 9 cm, 높이 1 cm)에 첨가하고 목분량에 비례한 증류수 1~15 ml를 가하여 하루밤 방치했다. 다음날 흰개미 55

찾는말 : 흰개미, 편백, 살충활성단위, 반수치사량, 함침재료  
\*연락처 : Tel : 02-961-2580, Fax : 02-961-2588

마리(일개미 50, 병정개미 5)를 투입, 약 28°C의 항온기내 暗所에서 10일간 사육하면서 24시간마다 사충수를 계속했다. 또한 목분량이 소량(1g 이하)인 경우에는 여과지(TOYO No. 26)를 깔고 그 위에 목분을 골고루 뿌려서 시험에 사용했다.

**여과지 함침시험**

편백 심재추출물 시료용액 일정량을 원형으로 자른 여과지(직경 85 mm, 두께 0.8 mm)에 함침한 후 실온에서 3시간 방치하여 용매를 제거했다. 이 여과지를 사레에 넣고 증류수 3 ml를 가하여 밀착시킨 다음 흰개미 55마리(일개미 50, 병정개미 5)를 투입, 약 28°C의 항온기내 暗所에서 10일간 사육하면서 24시간마다 사충수를 계속했다.

**살충활성의 정량**

어류의 독성시험에 사용하고 있는 TLM(median tolerance limit)의 개념에 준하여, 살충활성의 크기를 공시 흰개미의 반수가 사멸하는 사례 당 시료첨가중량(MSD, median survival dosage, g)으로부터 (1)식을 이용하여 구하고, 흰개미 살충활성 단위(TAVn, termiticidal activity value)로서 나타내는 방법을 사용했다. 이것은 일정 시험기간(n: 일수) 중에 투입 흰개미의 50%를 치사시키는 시료량(MSD)을 실험적으로 구하고, 그것을 기준목분의 MSD와 비교하여 활성을 단위로서 나타내는 방법이다. 즉 기준목분(5g)의 활성을 1단위로 하는 것이다.<sup>13)</sup>

$$TAVn(\text{unit}) = Mo/Mx \quad (1)$$

Mo = 기준목분의 MSD(g/dish) : 여기에서는 5g

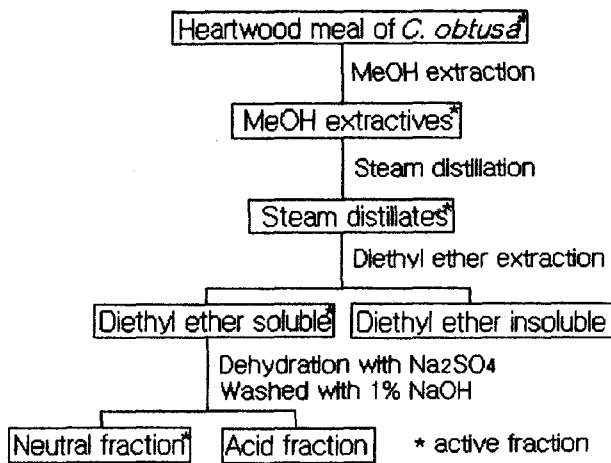


Fig. 1. Separation scheme of the neutral steam distilled fraction from the wood of *Chamaecyparis obtusa*.

$$Mx = \text{시료목분의 MSD(g/dish)}$$

$$n = \text{사육일수(일)}$$

**메탄올 추출**

편백심재 기준목분 300g을 1l 용량의 등근후라스크에 취해 넣고 메탄올을 가하여 3시간, 3회 가온 환류처리했다. 이 추출액을 감압농축하여 활성추정용 시료로 사용했다.

**활성 fraction의 분리**

편백 심재목분을 Fig. 1의 방법에 따라 메탄올 추출 후 수증기증류 처리하여 얻은 증류물을 ether로 용매추출했다. Ether층은 농축 후 1%-NaOH로 처리하여 ether층을 탈수, 여과하여 활성획분으로서 중성부를 얻었다. 또한 1%-NaOH 가용부는 염산산성(pH 2 전후)으로 한 다음 ether로 재추출하여 산성부를 얻었다. 중성부 및 산성부를 활성추정용 시료로 사용했다.

**결과 및 고찰**

**편백재의 살충활성 및 활성단위**

흰개미에 대한 편백재의 살충활성을 조사하기 위하여 살충활성을 가지는 것으로 알려진 3 수종을 선발하여 그 살충력을 편백의 살충력과 비교·검토했다. 대조수종으로는 침엽수재인 대만편백과 활엽수재인 육박나무, 후피향나무를 사용했다. 이들 4 수종에 대해서는 목분 중량별 MST를 나타내는 최소 목분량(MSD)을 구하여 그 결과를 Table 1에 나타냈다. 이것은 시험 개시 10일 후의 살충활성단위 즉, TAV10을 이용하여 편백의 살충활성을 다른 3 수종과 비교·검토했 것이다. Table 1에서 보는 바와 같이 4 수종 모두 강력한 살충력을 가지고 있었으나 편백과의 상대활성 RTA10(relative termiticidal activity)을 계산해 보면, 편백 100에 대하여 육박나무 18.5, 대만편백 13.5, 후피향나무 10.4이다. 즉 편백의 활성은 육박나무의 약 5배, 대만편백의 약 7배, 후피향나무의 9배 정도의 살충력을 가지고 있다는 것을 알 수 있다.

**흰개미 살충활성치의 정량**

편백이 갖는 흰개미에 대한 살충활성을 보다 상세히 검토하기 위하여 Fig. 2와 같은 방법으로 사례 당 시료 첨가중량을 변화시키면서 각 첨가량과 투입 흰개미의 50%가 사망하는 시간, 즉 반수치사일수(MST)를 구했다. 이어서 첨가시료 중량의 대수치를 X축에, 그 MST의 대수치를 Y축에 plot하면, 중앙이 거의 직선적인 逆S字狀의 곡선(시료중량-MST곡선)이 얻어진다. 여기에서는 취급을 용이하게 하기 위하여 직선성이 인정되

Table 1. Comparison of termiticidal activities of *Chamaecyparis obtusa* with those of other tree species by MSD

Factors	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	<i>Litsea coreana</i>	<i>C. obtusa</i> var. <i>formosensis</i>	<i>Terntstroemia gymnanthera</i>
MSD(g) <sup>1)</sup>	0.05	0.27	0.37	0.48
TAV10(unit) <sup>2)</sup>	100	18.5	13.5	10.4
RTA10(%) <sup>3)</sup>	100	18.5	13.5	10.4

<sup>1)</sup>Median survival dosage. <sup>2)</sup>Termiticidal activity value. TAV10 = Mo/Mx. Mo : MSD(g) of a referenced woodmeal(5 g). Mx : MSD(g) of the woodmeal sample tested. 10 : Incubation days. <sup>3)</sup>Relative termiticidal activity based on *C. obtusa*.

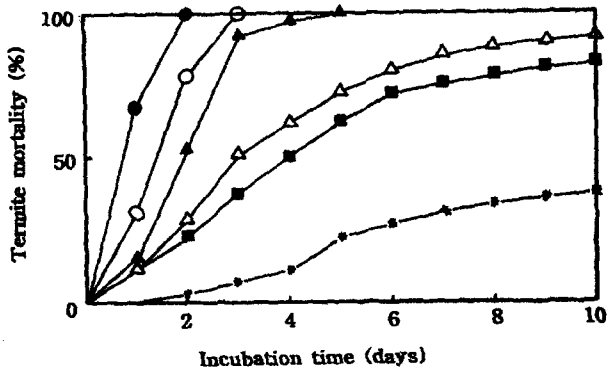


Fig. 2. Termiticidal activities of *Chamaecypris obtusa* depending on sample weight of added woodmeal. ●—●: 5g, ○—○: 1g, ▲—▲: 0.3g, △—△: 0.2g, ■—■: 0.1g, \*—\*: 0.05g.

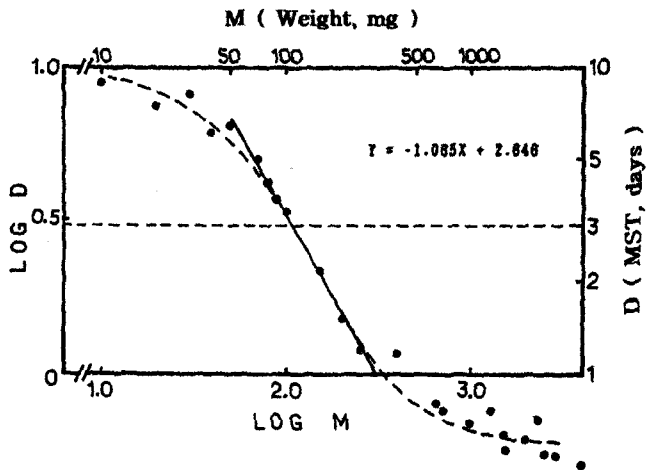


Fig. 3. Sample weight-MST curve of *Chamaecypris obtusa* by logarithm values of sample weight and MST.

는 중앙영역의 값만을 이용하여 직선상관을 구하고, 그 검량선의 회귀식을 산출했다. 또한 검량선의 상단부와 하단부에서는 편차가 커서 신뢰도가 낮아지므로, Y축의 중앙치에 가장 가까운 MST 3일과 검량선이 교차하는 점의 값에서 시료의 반수치사중량(MSD)을 수학적으로 구했다.

우선 24개의 중량별 편백심재 목분시료에 대하여 반수치사 일수를 조사하여 그 결과를 Fig. 3에 나타냈다. 여기에서 농도 의존성이 확실히 나타나면서 직선관계가 성립하는 부분, 즉 50 mg에서 300 mg의 범위를 활성의 변곡점으로 간주하여 이 8개의 시료만을 이용하여 상관관계를 구했다. 편백심재 목분의 시료중량-MST곡선에서 구한 회귀식은  $Y = -1.065X + 2.646$ 이었다. 이 회귀식을 이용하여 구한 편백심재 목분의 반수치사중량은 108.8 mg이었다. 이와같은 방법을 이용하면 어떠한 시료에 대해서도 그 살충활성을 정확히 파악할 수 있을 것으로 기대된다.

각 추출물의 활성을 원목분과 비교하기 위해서는 가능한한 원목분에 가까운 상태로 조작하여 시험에 공시할 필요가 있다. 여기에서는 추출잔사목분에 추출물을 재함침하는 방법으로 검토했다(Fig. 4 참조). 편백심재 메탄올추출물의 경우 원목분의 활성이 거의 재현되어 있으며 회귀직선의 기울기도 거의 변화가 없으므로, 본질적으로는 원목분의 활성과 유사한 성질을

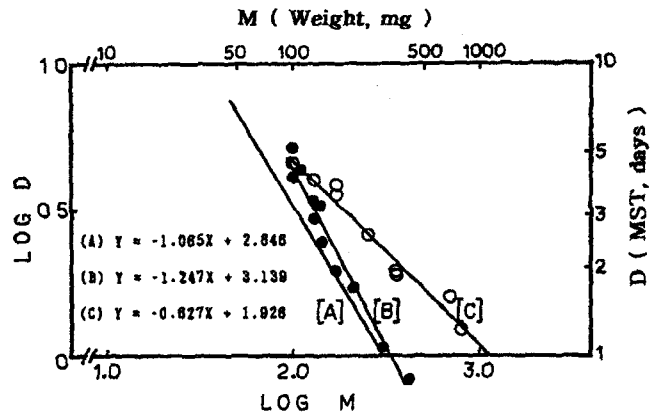


Fig. 4. Termiticidal activities of *Chamaecypris obtusa* extractivities compared with its woodmeal as supporting material. A: Original woodmeal, B: MeOH extractives, C: Neutral fraction.

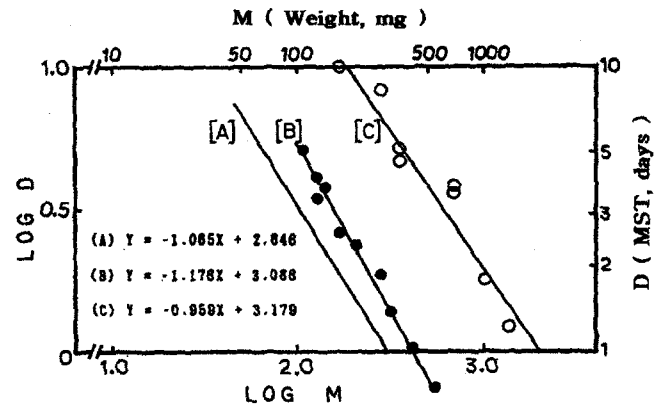


Fig. 5. Termiticidal activities of *Chamaecypris obtusa* extractives with filter paper as supporting material. Symbols see Fig. 4.

나타내고 있는 것으로 추정된다. 그러나 중성부에서는 회귀직선의 위치, 기울기 모두 크게 차이가 발생하여 메탄올추출물과는 상당히 다른 거동을 보이고 있다. 별도로 산성부에 대해서도 검토를 하였으나 전혀 활성을 나타내지 못했다.

이어서 편백심재 추출물을 여과지에 함침했을 경우 활성이 어떻게 변화하는가를 조사하여 Fig. 5에 나타냈다. 메탄올추출물의 경우에는 전술한 목분 함침시험과 거의 비슷한 경향을 나타내고 있으므로, 여과지에 함침해도 활성은 크게 변화하지 않았다. 그러나 중성부에서는 회귀직선이 원목분의 그것과 크게 차이가 나타났다. 이와같이 여과지를 사용하여 구한 활성은 목분에 함침한 경우보다 더 큰 폭으로 변화하는 것을 알 수 있다. 이러한 차이는 추출물을 원래의 목분 중에 존재하는 상태와 같이 목분에 재함침하기가 거의 불가능하며, 더욱이 추출물을 목분에 함침한 경우와 여과지에 함침한 경우와는 추출물의 존재상태가 다르기 때문인 것으로 추정된다. 따라서 추출물 함침시험에서 구한 활성치의 의미를 철저히 검토하므로써 목분을 이용한 흰개미 시험과의 사이에 발생한 활성치 차이의 원인을 정확히 구명할 필요가 있을 것이다.

지금까지의 결과를 Table 2에 종합하여 나타냈다. 이것은 앞서 언급한 (1)식(살충활성의 정량 항 참조)에 의해 시험 개시 후 3일째 활성의 크기, 즉 TAV3치를 구한 것이다.

**Table 2. Termiticidal activity values(TAV) calculated from termite tests of original *Chamaecyparis obtusa* woodmeal and its extractives with two supporting materials**

Sources	Extracted woodmeal test			Filter paper test		
	MSD <sup>1)</sup> (mg)	TAV <sub>3</sub> <sup>2)</sup> (unit)	RTA <sub>3</sub> <sup>3)</sup> (%)	MSD <sup>1)</sup> (mg)	TAV <sub>3</sub> <sup>2)</sup> (unit)	RTA <sub>3</sub> <sup>3)</sup> (%)
Original woodmeal	108.8	46	100	-	-	-
MeOH extractives	136.3	37	80	165.4	30	66
Neutral fraction	204.6	24	53	656.7	8	17

<sup>1,2,3)</sup>See Table 1.

편백심재 목분함침시험의 경우, 그 比活性 RTA<sub>3</sub>은 원목분 100에 대하여 메탄올추출물 80%, 중성부 53%로 계산되었다. 즉 이것은 활성의 손실율이 메탄올추출물에서 20%, 중성부에서는 무려 47%에 달했음을 의미한다. 한편, 여과지 함침시험의 경우 그 활성치는 더욱 낮게 나타났다. 메탄올추출물의 활성은 원목분의 66%에 상당하는 것으로 계산되었으며, 이것은 목분에 재함침했을 경우보다도 14% 포인트 낮은 값에 해당된다. 중성부의 활성은 원목분의 17%만이 재현되어 83%의 활성이 손실된 것으로 계산되었다.

이러한 결과는, 추출물의 여과지 함침시험에서 두 종류 이상의 성분이 복합적으로 활성에 관여할 경우, 한 종류의 생물검정법만으로는 그 정확한 활성을 판단할 수 없는 경우가 있음을 의미한다. 그러므로 이것은 단지 추출방법의 문제뿐만 아니라 여과지 함침시험 방법 그 자체의 문제점, 예를들면 추출물을 원목분의 상태로 정확히 함침하여 시험할 수 없다는 점 등도 반영되어 있을 것으로 추정된다. 이러한 점에 대해서는 생물검정법의 기본적인 문제를 포함하여 더욱더 정량적인 검토가 필요할 것으로 사료된다.

### 참고문헌

- Abe, T. (1989) In 'Ecology of Termite', Chap. 3, Tokyo Univ. publishing center, Tokyo, Japan.
- Behr, E. A., Behr, C. T. and Wilson, L. F. (1972) Influence of wood hardness on feeding by the eastern subterranean termite, *Reticulitermes flavipes*(Isoptera : Rhinotermitidae). *Annals of the Entomological Society of America* **65**, 457-460.
- Saeki, I., Sumimoto, M. and Kondo, T. (1970) The termiticidal substances from the wood of *Podocarpus macrophyllus* D. Don. *Holzforchung* **24**(3), 83-86.
- Ikeda, T., Takahashi, M. and Nishimoto, K. (1978) Antitermitic components of kaya wood, *Torreya nucifera* Sieb. et Zucc. *Mokuzai Gakkaishi* **24**(4), 262-266.
- Saeki, I., Sumimoto, M. and Kondo, T. (1973) The termiticidal substances from the wood of *Chamaecyparis pisifera* D. Don. *Holzforchung* **27**(3), 93-96.
- Kinjo, K., Doufuku, Y. and Yaga, S. (1988) Termiticidal substances from the wood of *Chamaecyparis obtusa* Endl. *Mokuzai Gakkaishi* **34**(5), 451-455.
- Kondo, T., Kurotori, S., Teshima, M. and Sumimoto, M. (1963) The termiticidal wood-extractive from *Kalopanax septemlobus* Koidz. *Mokuzai Gakkaishi* **9**(4), 125-129.
- Saeki, I., Sumimoto, M., and Kondo, T. (1966) On the antitermitic substance of *Ternstroemia japonica* Thunb. III. Biological tests of the antitermitic substance. *Mokuzai Gakkaishi* **14**(2), 110-114.
- Yaga, S. (1980) On the termite-resistance of Okinawan timbers VI. termiticidal substances from *Melia azedarach* L. *Mokuzai Gakkaishi* **26**(7), 494-498.
- Kang, H. Y., Sameshima, K. and Takamura, N. (1994) Termite resistance test of hardwoods of Kochi prefecture growth IV. Isolation and identification of a termiticidal component of *Litsea coreana* L. wood. *Mokuzai Gakkaishi* **40**(1), 64-71.
- McDaniel, C. A., Klocke, J. A. and Balandrin, M. F. (1989) Major antitermitic wood extractive components of eastern redcedar, *Juniperus virginiana*. *Material und Organismen* **24**(4), 301-313.
- Scheffrahn, R. H., Hsu, R. C., Su, N. Y., Huffman, J. B. Midland, S. L. and Sims, J. J. (1988) Allelochemical resistance of bald cypress, *Taxodium distichum*, heartwood to the subterranean termite, *Coptotermes formosanus*. *Journal of Chemical Ecology* **14**(3), 765-776.
- Kang, H. Y., Sameshima, K. and Takamura, N. (1991) Termite resistance test of hardwoods of Kochi prefecture growth II. Quantitative determination of termiticidal activity of kagonoki (*Litsea coreana* L.) wood. *Mokuzai Gakkaishi* **37**(10), 964-970.

**Termiticidal Activities of *Chamaecypris obtusa* Endl. Heartwood.**

Ha-Young Kang\*, In-Gyu Choi(Korea Forest Research Institute, Seoul 130-012, Korea)

**Abstract :** Termiticidal activities of *Chamaecypris obtusa* were quantitatively evaluated, and the activity differences between supporting materials such as woodmeal and filter paper or between species were defined based on the termiticidal activity value(TAV). It was found that TAV was high in the following order ; *C. obtusa* > *Litsea coreana* > *C. obtusa var. formosensis* > *Ternstroemia gymnanthera*. In particular, termiticidal activity of *C. obtusa* heartwood was stronger by 5 to 9 times than that of other three species. Median survival dosage(MSD) of *C. obtusa* was 108.8 mg. In case of woodmeal or filter paper tests with *C. obtusa*, termiticidal activities were inversely proportional to logarithms values of an added sample weight and median survival time(MST). The difference of termiticidal activities between woodmeal and filter paper in the methanol extracts was small, but that in the neutral fraction was enormous as 3.21 times. However, termiticidal activity of neutral fraction was corresponded to 17 to 53% of original woodmeal, and 47 to 83% of termiticidal activity was considered as a loss in test process.

Key words : termite, *Chamaecypris obtusa*, termiticidal activity value, median survival dosage, supporting material

\*Corresponding author