

일본흰개미 아종 모니터링 및 군체제거를 위한 예찰제어기 개발 연구¹

정용재^{2,†} · 김시현^{2,3} · 김윤주⁴ · 유재승⁵

Applicability Study on *Reticulitermes speratus kyushuensis* (Isoptera: Rhinotermitidae) Colony Eliminator to Preserve Wooden Cultural Heritage¹

Yong Jae Chung^{2,†} · Si Hyun Kim^{2,3} · Youn Ju Kim⁴ · Jae Seung Yu⁵

요약

전통 목조건축물의 보존을 위해 국내 전역에 서식하는 일본흰개미 아종(*Reticulitermes speratus kyushuensis*)의 방제에 적합한 흰개미 예찰제어기 제형을 개발하고 실내 실험 및 현장적용성 평가를 수행하였다. 실내 실험 결과를 통해 적합한 제형을 구성하였으며, 보다 빠른 군체제거가 가능한 독먹이로써 피프로닐 0.001% (w/w)이 선정되었다. 흰개미 예찰제어기는 기존 군체제거제와 다르게 지면에 설치된 상태 그대로 흰개미 가해 여부를 육안으로 관찰할 수 있어 효율적인 모니터링이 가능하였다. 2013년 3월부터 10월까지 전남 순천 송광사 권역에서 수행된 현장적용성 평가 결과 총 367개 중 약 9.8%에 해당하는 36개에서 흰개미가 탐지되었으며, 군체제거약제 교체 후 36개 모두에서 흰개미 군체가 제거되거나 활성이 감소됨을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

This study is conducted to develop new termite colony elimination system that can control termite colony much faster, and to eco-environmentally prevent termite damage occurred in wooden cultural heritage. As a result of laboratory test, we developed a component system, of which fipronil 0.001% (w/w) treated bait was used as a suitable termite colony eliminator. This system can be monitored without taking off underground, and it makes regular monitoring

¹ Date Recieved March 5, 2015, Date Accepted July 24, 2015

² 한국전통문화대학교 문화유산융합대학원 수리복원학과. Department of Heritage Conservation & Restoration, Graduate School of Convergence Cultural Heritage, Korea National University of Cultural Heritage, Buyeo 33115, Republic of Korea

³ 국립문화재연구소 건축문화재연구실. Division of Architectural Heritage, National Research Institute of Cultural Heritage

⁴ (주)해성문화재보존, Haisung Conservation Science For Cultural Heritage Co., Ltd.

⁵ (주)이다시티엔디, ETND Co., Ltd.

[†] 교신저자(Corresponding author): 정용재(e-mail: iamchung@nuch.ac.kr)

much more efficient. The result of field test showed that 36 termite baiting devices among 367 installed devices were damaged by foraging termites. After baiting, all of termite colonies attracted to devices were eliminated or their activity clearly decreased.

Keywords : termite, wooden cultural heritage, termite monitoring, colony baiting

1. 서 론

목재는 친환경 소재로서 주변에서 쉽게 구할 수 있으며 뛰어난 가공성과 내구성 등 다양한 장점이 있어 전통건축물의 소재로서 사용되어 왔다. 목재는 시간의 경과에 따라 다양한 손상원의 복합적 작용에 의해 손상되며, 특히 흰개미는 목재 내부를 가해하여 강도를 저하시키고 구조적 안정성을 저해하는 대표적 문화재가해곤충이다(Son *et al.*, 2008). 국내 전역에 서식하며 각종 목조건축물을 손상시키는 일본흰개미 아종(*Reticulitermes speratus kyushuensis* Morimoto, Morimoto, 1968)은 지중흰개미로서 땅 속이나 목재 내부에 서식지를 만들고 빛을 피해 이동하기 때문에 육안으로 관찰하기 어렵다(Han *et al.*, 1998). 이러한 흰개미 피해를 사전에 예방하고 흰개미 군체를 일시에 제거하기 위해 흰개미 군체제거제가 널리 사용되고 있다.

지금까지 사용된 군체제거제는 *C. formosanus* 처럼 개체수가 많고 먹이탐색범위가 넓은 흰개미 종을 처리하기 위해서 흰개미 유충의 발달을 저해시키는 곤충생장조절제를 주로 사용하였다(Su *et al.*, 1994; Lee *et al.*, 2001). 약제의 특성상 직접적인 살충효력보다는 유충의 성장 억제를 통해 군체를 서서히 제거하게 되는데, 이로 인해 흰개미 군체의 제거를 위해서는 최소 수개월 이상이 소요된다. 전 세계적으로 널리 사용되는 곤충생장조절제인 헥사플루무론의 일본흰개미(*Reticulitermes speratus* Kolbe)에 대한 군체제거력 평가 결과 흰개미 군체가 최초로 약제를 섭식한 이후 8개월이 경과한 뒤 군체가 제거되었으며(Tsunoda *et al.*, 1998), 국내에서는 2000년~2001년에 걸쳐 종묘에서 실시된 일본흰개미 아종에 대한 군체제거력 평가 결과 흰개미가 탐지되고 군체가 제거되기까지 최소 12개월이 소요되었다(Jeong *et al.*,

2002).

따라서 본 연구에서는 목조건축물의 추가적인 손상을 방지하고 보다 빠른 흰개미 군체 제거를 위해 적합한 군체제거제 제형을 개발하고 실내 실험과 현장 평가를 통해 적용가능성을 평가하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 흰개미 예찰제어기 제형 개발

2.1.1. 본체

흰개미 예찰제어기는 본체와 탐지체, 군체제거약제로 구성하였다. 본체 자체가 흰개미의 먹이로서 사용되도록 일본흰개미 아종이 선호하는 수종인 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)로 제작하였고, 흰개미를 내부로 탐지하기 위해 내부 방향으로 천공하였다.

2.1.2. 탐지체

정량여과지(현대마이크로, No. 53)를 원통형으로 고정하여 제작한 탐지체를 본체 내부에 설치하여 탐지된 흰개미가 섭식하도록 하였다. 탐지체 상부에는 스프링을 설치하여 탐지체가 일정량 이상 가해되면 지지력을 상실하여 하방으로 내려가는데, 이 과정을 통해 지중에 설치된 예찰제어기를 꺼내지 않고 가해 여부를 확인할 수 있도록 하였다.

2.1.3. 군체제거약제

탐지체에 공시약제를 처리하여 군체제거약제로 사용하였다. 공시약제는 지중흰개미에 비기피성이며 접촉 독성 및 섭식 독성을 나타내는 페닐피라졸계 살충제 피프로닐(technical grade, purity: 97%, Ruina Int. Co.)을 사용하였다.

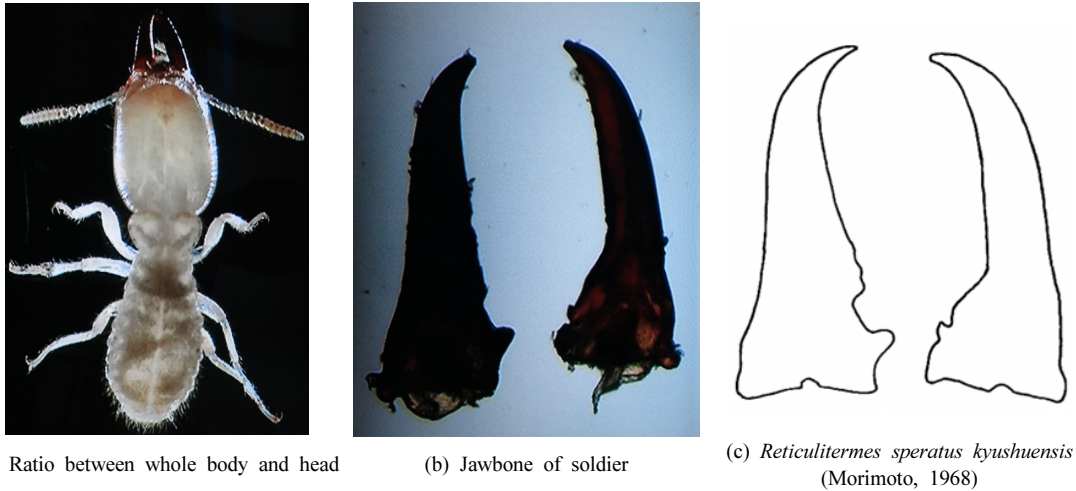


Fig. 1. Identification indicator of termite: Ratio between termite whole body and head (a), Jawbone of captured soldier (b), Reference (c).

2.2. 공시충

공시충은 충남 부여군 규암면 소재 한국전통문화대학교 인근 야산에서 채집하였다. 흰개미가 서식 중인 목재를 실험실로 옮겨와 대형 플라스틱 용기에 담고 일정 기간마다 증류수를 분무하여 수분을 공급한 상태로 온도 $22 \pm 3^\circ\text{C}$, 상대습도 $50 \pm 10\%$ 가 유지되는 암실에서 배양하였다. 채집된 흰개미 중 병정개미를 현미경(SZX 7, Olympus)으로 관찰하여 Morimoto (1968)와 Park (1997) 등의 분류표에 따라 동정하였다(Morimoto, 1968; Park *et al.*, 1997). 그 결과 체장과 두부의 길이비가 2 : 1에 가깝고 턱뼈의 형태가 일본흰개미 아종과 유사하여 한반도 전역에 서식중인 일본흰개미(*Reticulitermes speratus Kyushuensis* Morimoto)의 아종으로 동정되었다(Fig. 1).

2.3. 섭식독성 평가

2.3.1. 공시약제

아세톤(99.5% EP grade, 대정화금)에 피프로닐(purity: 97%, Ruina Int. Co., CHI)을 용해하여 탐지체에 0.001, 0.003, 0.005% (w/w)로 처리하여 평가에

적용하였다.

2.3.2. 평가 방법

원통형 플라스틱 용기(직경 9 cm × 높이 7 cm)에 석고(도자기용, 문고) 10 g과 증류수 10 ml를 혼합한 석고액을 붓고 24시간 동안 음건하였다. 건조된 용기에 농도별 공시약제를 설치한 뒤 공시충 105두(일개미 100두, 병정개미 5두)를 투입하고 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ 와 상대습도 $55 \pm 5\%$ 가 유지되는 암실에 두었다. 매일 실험군과 약제 무처리 대조군의 사충수를 측정하고 사체는 제거하였다. 동일 군체에서 5개의 실험군을 사용하였으며 평가는 3회 반복되었다.

2.4. 실내 모니터링 효력 평가

2.4.1. 공시 토양

공시충을 채취한 곳 주변에서 토양을 채취하여 20 mesh 체로 걸러낸 후 멸균기(WAC-60, WISD Co.)로 105°C 에서 15분간 멸균하였다. 멸균된 토양은 열풍 건조기에서 60°C 로 3일간 건조한 뒤 실험에 사용하였다.

Table 1. Amount of installed termite colony eliminators in Songgwang-sa temple

Location	Total Extent (m)	Number of installed device
Temple surroundings	1,010	367
around 2 wooden buildings	72.3	46

2.4.2. 평가 방법

직육면체 아크릴 상자(가로 15 cm × 세로 20 cm × 높이 30 cm, 두께 3 mm) 전면에 흰개미 예찰제어기를 설치하고 토양을 본체와 같은 높이까지 채운 뒤 공시충이 흰개미 예찰제어기 방향으로 탐지될 수 있도록 주변에 증류수 100 mL를 분무하였다. 한 군체에서 각기 다른 일개미 성충 100두를 선별하여 중량을 5회까지 측정하고 그 평균값을 기준으로 2,000여 두의 공시충을 실험 용기에 투입하였다. 이후 알루미늄 호일로 상부를 밀폐한 뒤 23 ± 1℃와 상대습도 55 ± 5%가 유지되는 암실에 두고 시간 경과에 따른 탐지체 가해 정도를 육안으로 관찰하였다.

2.5. 현장 적용성 평가

2.5.1. 평가 장소 및 흰개미 예찰제어기 설치

전남 순천에 위치한 송광사에서 현장적용성 평가를 실시하였다. 이 지역은 기후가 온난다습하고 송광사는 산중에 위치하여 흰개미 군체의 접근 위험성이 높다. 송광사 전체 권역을 11개로 구분하고 담장을 따라 약 3 m 간격으로 토양을 천공한 뒤 흰개미예찰제어기를 지면 높이에 맞추어 설치하였다. 흰개미 예찰제어기가 설치된 총 길이는 1,010 m였으며, 설치된 예찰제어기 숫자는 총 367개였다. 또한 선행 연구에서 흰개미 피해가 보고된 국사전과 하사당 주변에도 각각 23개씩 3 m 간격으로 흰개미예찰제어기를 설치하였다(Kim *et al.*, 2015, Table 1).

2.5.3. 모니터링 및 군체제거

흰개미 군체가 활발하게 활동을 시작하는 2013년 3월부터 10월까지 약 8개월 동안 2주 간격으로 흰개미 탐지여부를 모니터링 하였다. 모니터링 중 흰개미가 발견된 예찰제어기는 탐지체를 제거하고 섭식 독

성 평가 결과에 따라 피프로닐이 적정농도로 함유된 베이트로 교체하였다. 이후 정기적으로 베이트의 가해 정도와 먹이탐색 일개미의 발견 유무를 관찰하여 군체제거여부를 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 섭식독성 평가 결과

일본흰개미 아종에 대한 저농도 피프로닐의 섭식독성 평가 결과 3개의 농도 조건 모두 공시충들이 군체제거약제를 활발히 가해하여 기피성은 나타나지 않았으며, 시간 경과에 따른 농도별 사충율은 아래와 같다. 약제 섭식 2일 후에는 모든 농도 조건에서 높은 생존율이 나타났으며 4일 경과 후 0.001%에서는 89%, 0.003%에서는 76%의 생존율을 보여 농도간 사충율 차이가 나타나기 시작했다. 0.001%는 10일 후까지 일부 공시충이 생존하고 12일 경과 후 모든 공시충이 사멸한 반면 0.005% 농도 조건에서는 6일 경과 후 대부분의 공시충이 사멸하였으며 8일 경과 후에는 모든 공시충이 사멸하여 농도 조건에 따른 사충율 차이가 나타났다(Table 2).

3.2. 실내 모니터링 효력 평가 결과

수분의존성이 높은 공시충들은 수분 함량이 많은 흰개미 예찰제어기 본체 주변으로 이동하였으며 목재인 본체를 먹이로써 가해하기 시작하였다. 흰개미 군체의 생태적 특징에 따라 일부 먹이탐색 일개미는 본체를 가해하고 일부는 새로운 먹이를 찾아 이동하였다. 1일 경과 후 본체 하단의 천공된 부분을 따라 일부 공시충이 유입되어 탐지체를 가해하기 시작하였으며 고순도 셀룰로오스 펄프로 제작된 탐지체는

Table 2. Survival rate of test termite

Conc.	unit: %					
	2 days	4 days	6 days	8 days	10 days	12 days
0.001%	95.6 ± 1.1	89.2 ± 4.6	67.8 ± 5.8	23.8 ± 5.3	10.2 ± 4.7	0
0.003%	93.2 ± 2.9	75.8 ± 4.6	48.8 ± 3.5	9.8 ± 5.5	0	0
0.005%	95.2 ± 2.9	80.2 ± 4.7	25.8 ± 10.8	0	0	0
Control	100	100	100	100	100	97.2 ± 3.9

가해도에 따라 강도가 저하되었다. 6일 경과 후 탐지체는 지지력을 상실하여 탐지체 상부에 위치한 스프링이 하부로 내려왔으며, 본체의 상부에서 이를 육안으로 관찰할 수 있어 꺼내지 않고 흰개미의 가해 여부를 확인할 수 있었다. 실내 실험 결과 공시충들은 일부가 목재 본체를 가해하고 일부는 새로운 먹이원을 탐색하여 전형적인 지중흰개미 군체의 먹이탐색 활동 양상을 보였다(Delaplane *et al.*, 1989; Lee, 2004). 이 과정에서 일부 공시충이 본체 내부로 유입되어 탐지체를 가해하여 육안으로 흰개미 가해 여부를 확인할 수 있어 효율적인 모니터링이 가능할 것으로 사료된다.

3.3. 현장적용성 평가 결과

2013년 3월에서 10월까지 총 8개월에 걸친 모니터링 결과 목조건축물 주변에서는 흰개미가 탐지되지 않았으며, 사찰 외곽 수림에서는 12개 구역 367개 중 7개 구역에서 36개에서 흰개미 군체가 탐지되어 약 9.8%의 탐지율을 보였다. 1, 3, 8, 9, 10번 구역에서는 모니터링시 직접 흰개미가 관찰되었고, 4, 11번 구역에서는 모니터링 당시 흰개미가 관찰되지는 않았으나 탐지체와 독먹이에서 흰개미 가해흔이 발견되었다. 사찰의 남동쪽 권역에 해당하는 8번 구역과 9번 구역에서 각각 5개와 12개의 장치에서 흰개미가 확인되어 가장 높은 탐지율이 나타났다(Table 3, Fig. 2). 탐지율이 높은 곳은 산림에 가까운 곳으로, 흰개미 군체의 주요 서식지인 산림에 가까울수록 높은 접근성이 나타났다. 또한 송광사 권역은 목조건축물 산발피해 방지를 위한 수목 벌채 후 방치된 그루터기와 적재된 목재들이 흰개미 군체의 먹

이 및 서식지로써 작용하였다고 보고된 바 있어(Kim *et al.*, 2015) 영향을 주었을 것으로 추정된다.

탐지체를 독먹이로 교체하고 2주 뒤 다시 모니터링한 결과 흰개미가 탐지된 모든 흰개미 예찰제어기에서 죽은 흰개미 사체만이 발견되거나 흰개미가 발견되지 않았다. 10월 마지막 평가가 종료된 뒤 흰개미 군체의 활성이 나타났던 흰개미 예찰제어기 본체를 지면에서 꺼내어 확인한 결과, 지중에 설치되었던 부분이 흰개미의 먹이원으로써 가해진 것을 확인할 수 있었다(Fig. 3). 군체제거제는 일정 기간마다 모니터링을 통해 흰개미 군체의 탐지 여부를 확인하고 군체제거약제로 교체하게 되는데, 이때 흰개미 군체는 가해하던 먹이가 교란된 것을 알고 다른 먹이원으로 이동하는 경우가 있다(Swoboda *et al.*, 2004). 흰개미 예찰제어기는 목재로 제작된 본체는 지중에 그대로 둔 상태에서 흰개미 군체의 활성도에 따라 탐지체와 독먹이만을 교체하여 사용하기 때문에 이때 탐지체와 독먹이가 새로운 먹이원으로써 인식되어 탐지체와 독먹이가 교체되더라도 기존에 본체를 가해하던 흰개미는 탐지체 교체에 따른 영향을 받지 않으므로 흰개미가 오래 머무르게 된다. 현장 평가 종료 후 흰개미가 모니터링된 예찰제어기를 지중에서 꺼내어 확인한 결과 흰개미에 의해 심하게 가해진 것을 확인할 수 있어 이와 같은 효력이 발생하였으며, 보다 빠른 군체제거가 가능할 것으로 추정되었다.

전통목조건축물의 흰개미 피해를 막기 위해 주로 사용된 군체제거제는 곤충생장조절제를 유효성분으로 사용하여 흰개미 군체제거에 최소 수개월 이상의 기간이 소요되므로 추가적인 손상을 방지하고 흰개미 군체의 확산을 억제하기 위해서 보다 빠른 군체

Table 3. Result of monitoring each section

Section No.	1*	3*	4**	8*	9*	10*	11**	Total
Termite detected devices	7	2	2	5	12	4	4	7 sections 36 devices

* Attractant or bait were damaged when monitored

** Termite workers were found when monitored

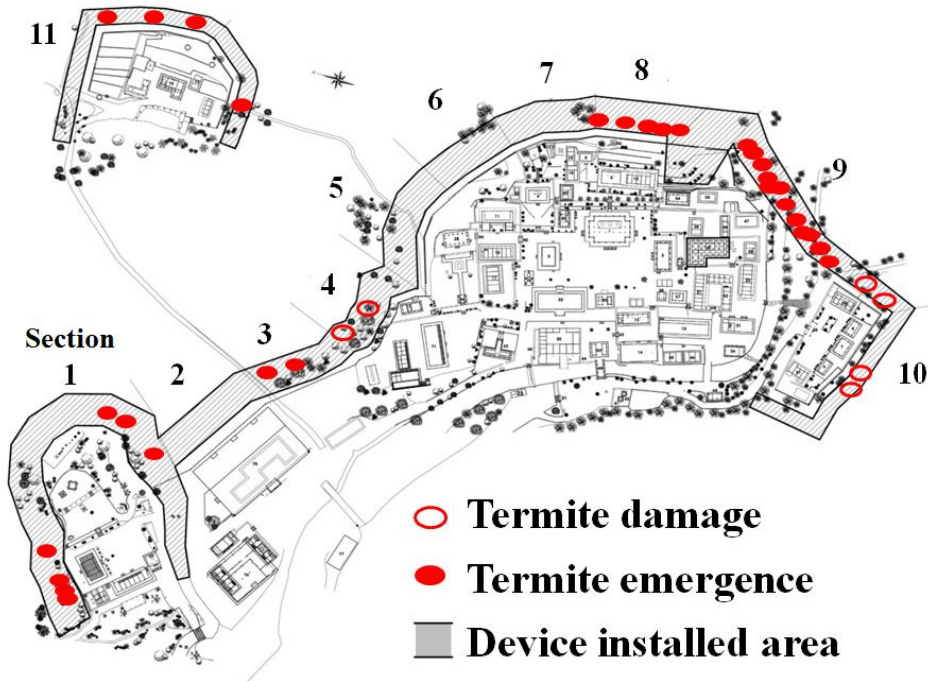


Fig. 2. Location of termite damaged or emergence devices.

제거가 필요하다. 흰개미의 탈피 빈도와 대사 속도는 온도에 따라 크게 좌우되는데, 저온 조건에서 탈피 빈도의 저하로 인해 곤충생장조절제의 살충 효력은 감소하며(Su *et al.*, 1993), 대사 과정의 감소로 인해 섭식된 독먹이가 체내에 흡수되는 속도 또한 느려진다(Spomer *et al.*, 2005). 우리나라는 사계절이 뚜렷하고 연중 월평균 기온이 20℃ 이상인 시기가 6~9월의 4개월에 불과하여 성장조절제의 작용에 영향을 미칠 것으로 추정된다. 선행 연구에서 동부지중흰개미(*R. flavipes*) 일개미가 섭식한 피프로닐은 24시간 경과 후 섭식량의 47%가 다른 개체들에게 전달되어

매우 높은 전달성을 보여 군체제거약제로써 적합하였으며(Bagnères *et al.*, 2009), 중국 남부지방에서 큰 피해를 입히는 *O. formosanus* 종에 대한 현장평가 결과 40 ppm (w/w) 피프로닐을 군체제거약제로 사용하였을 때 독먹이 교체 후 흰개미 군체의 활성이 감소하기 시작하였으며 약 4~5개월 후 군체가 제거되었다고 보고된 바 있어(Huang *et al.*, 2006) 일본흰개미 아종에 대해서도 적합한 군체제거약제로 사료된다.



Fig. 3. Termitic damage of wooden station (left: before, right: after feeding).

4. 결 론

본 연구에서는 실내 실험과 현장 적용성 평가를 통해 페닐피라졸계 살충제인 피프로닐을 유효성분으로 사용하는 흰개미예찰제어기가 흰개미 군체를 효율적으로 제어할 수 있는지 평가하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 피프로닐의 국내 서식 흰개미에 대한 섭식 독성 평가 결과 모든 농도 조건에서 흰개미에게 비기피성이었으며 0.001%(w/w) 농도 조건에서 10일 경과 후까지 일부 공시충이 생존하여 지효성 살충효과를 나타냈다.
2. 실내 모니터링 효력 평가 결과 흰개미 군체가 지중에 설치된 본체와 내부 탐지체에 접근하였으며 흰개미 군체의 탐지체 가해 여부가 외부에서 육안으로 확인할 수 있어 보다 효율적인 모니터링이 가능하였다.
3. 현장적용성 평가 결과 총 367개 중 36개(9.8%)의 흰개미예찰제어기에서 흰개미 군체가 탐지되었으며, 주변 산림과 가까운 곳에서 다수의 흰개미 군체가 유인되었다. 탐지체를 독먹이로

교체하고 추가 모니터링한 결과 36개 모두 흰개미 군체가 독먹이를 섭식하였으며 군체가 제거되거나 쇠퇴하였다.

흰개미 예찰제어기는 이미 흰개미 서식이 확인된 목조건축물 주변에 설치되어 직접적으로 흰개미 군체를 제거하는 방식과 주변 야외 수림 등에 설치되어 흰개미의 서식과 유입 여부를 확인하고 목조건축물 방향으로 접근하기 전 예방관리하는 두 가지 방식으로 적용될 수 있으며, 흰개미 방제에 소요되는 시간을 단축하여 추가적인 목조건축물의 손상을 방지하고 경제적 손실 경감과 함께 문화재 예방보존 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- Bagnères, A.G., Picheon, A., Hope, J., Davis, R.W., Clément, J.L. 2009. Contact Versus Feeding Intoxication by Fipronil in Reticulitermes Termite (Isoptera: Rhinotermitidae): laboratory evaluation of toxicity, uptake, clearance, and transfer among individuals. *Journal of Economic*

- Entomology 102(1): 347-356.
- Delaplane, K.S., LaFage, J.P. Foraging tenacity of *Reticulitermes flavipes* and *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae). Sociobiology 16: 183-189.
- Han, S.H., Lee, K.S., Chung, Y.J. 1998. Characteristic of Termite Inhabits in South Korea and the Control. Conservation Studies 19: 133-158.
- Huang, Q.Y., Lei, C.L., Dong, X. 2006. Field Evaluation of a Fipronil Bait Against Subterranean Termite *Odontotermes formosanus* (Isoptera: Termitidae). Journal of Economic Entomology 99(2): 455-461.
- Jeong, S.Y., Lee, K.S., Chung, Y.J. 2002. Monitoring of Termite in Haeinsa Temple and Control Method. Conservation Studies 23: 77-93.
- Kim, D.W., Chung, Y.J. 2015. Biological Damage and Risk Assessment of the Wood Cultural Properties in Fire Prevention Area. Journal of The Korean Wood Science and Technology 43(1): 104-111.
- Lee, K.S. 2004. Ecological Characteristics of Termite (*Reticulitermes speratus kyushuensis*) and its Control for Preservation of Wooden Cultural Properties. Ph.D thesis, Chungang University.
- Lee, K.S., Jeong, S.Y., Chung, Y.J. 2001. Termite monitoring and control managements for wooden building, Conservation Studies 22: 41-52.
- Morimoto, K. 1968. Termites of the Genus *Reticulitermes* of Japan and Taiwan. Bulletin Forest Research Institute 217: 43-72.
- Park, H.C., Bae, T.W. 1997. Morphological Description of *Reticulitermes speratus kyushuensis* Morimoto (Isoptera: Rhinotermitidae) in Southern Part of Korea. Korean Journal of Soil Zoology 2(1): 59-64.
- Son, D.W., Lee, D.H. 2008. Evaluation on Termite Damage of the Traditional Wooden Building by Non-destructive Methods. Journal of The Korean Wood Science and Technology 36(1): 21-29.
- Spomer, N.A., Kamble, S.T. 2005. Effect of Temperature on Noviflumuron Performance against the Eastern Subterranean Termite (Isoptera: Rhinotermitidae). Sociobiology 46: 335-348.
- Su, N.Y., Scheffrahn, R.H. 1993. Laboratory Evaluation of Two Chitin Synthesis Inhibitors Jexaflumuron and Diflubenzuron as Bait Toxicants. Journal of economic entomology 86: 1453-1457.
- Su, N.Y., Scheffrahn, R.H. 1996. A Review of the Evaluation Criteria for Bait-Toxicant Efficacy against Field Colonies of Subterranean Termite (Isoptera). Sociobiology 28: 521-530.
- Swoboda, I.E., Miller, D.M., Fell, R.J., Mullins, D.E. 2004. The Effect of Nutrient Compounds (sugars and amino-acids) on Bait Consumption by *Reticulitermes* spp.(Isoptera: Rhinotermitidae). Sociobiology 44: 547-563.
- Tsunoda, K., Hiroki, M., Tsuyoshi, Y. 1998. Colony Elimination of *Reticulitermes speratus* (Isoptera: Rhinotermitidae) by Baiting Application and the Effect on Foraging Territory, Journal of Economic Entomology 91(6): 1383-1386.