

주요 국내 사용 방부제 3종에 대한 흰개미 저항 효력¹

이 한 솔² · 황 원 중^{2,†} · 이 현 미² · 손 동 원²

Effectiveness of Three Commercial Wood Preservatives against Termite in Korea¹

Hansol Lee² · Won-Joung Hwang^{2,†} · Hyun-Mi Lee² · Dong-Won Son²

요 약

우리나라에는 어둡고 습한 환경을 선호하는 지중흰개미의 일종인 일본흰개미(*Reticulitermes speratus*)가 전국적으로 분포하고 있으며, 점차적으로 목재 건축물에 대한 흰개미 피해가 증가하고 있다. 특히 일본흰개미는 국내 건축재로 많이 쓰이고 있는 소나무를 쉽게 가해한다. 전 세계적으로 다양한 종류의 흰개미가 분포하고는 있지만, 피해가 심해지는 만큼 적절한 방제방법을 선택하기는 어렵다. 무엇보다 분포하는 흰개미의 종류가 다양하기 때문에 훈증처리, 토양처리, 방부·방충처리, 군체제거시스템, 화학약품 처리, 물리 및 생물학적 처리 등의 방법을 이용하여 흰개미의 특성에 맞게 적용시켜야 한다. 본 연구는 현재 친환경 방부제로 사용되고 있는 구리계 방부제 Alkaline copper quaternary (ACQ), Copper Azole (CuAZ), Micronized copper quat (MCQ)가 흰개미로부터 목구조물의 피해를 방지할 수 있는지 그 효력을 조사하기 위하여 수행하였다. 그 결과 3종의 목재방부제로 처리된 방부목재가 무처리재보다 높은 방의 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한, 각 방부제의 주입량에 따라 방의효력이 다르게 나타났다.

ABSTRACT

Since Korea is home to *Reticulitermes speratus*, a kind of subterranean termites that prefer dark and humid conditions, there have been increasing damages to wooden structures by termites. One noticeable attribute of Korean subterranean termites is that they prefer than *Pinus densiflora*, the major construction material for Korean traditional houses. And because wide varieties of termites are distributed all over the world, it is not so easy to choose appropriate control methods depending on specific areas. This necessitates careful applications of the following control methods depending on the kinds of termites: fumigation treatment, soil termiticide, preservatives and insect treatment, termite colony elimination system, chemical treatment, and other physical and biological treatment methods. The purpose of this study is to investigate the control effects of environmentally-friendly Alkaline copper quaternary (ACQ), Copper Azole (CuAZ) and Micronized copper quarter (MCQ) on the termites contributing to the damage of

¹ Date Received June 26, 2015, Date Accepted October 2, 2015

² 국립산림과학원 임산공학부. Department of Forest Products, Korea Forest Research Institute, Seoul 02455, Republic of Korea

[†] 교신저자(Corresponding author): 황원중(e-mail: wonjoung@korea.kr)

wooden structures. It was found in this study that wood with preservative treatment produced a significantly higher termiticidal efficacy than untreated wood.

Keywords : *Reticulitermes speratus*, termite control, Alkaline copper quaternary, Copper Azole, Micronized copper quarter

1. 서 론

흰개미는 새로운 환경에 침입해서 살아가는 성공적인 종의 하나이며 사회성 곤충(social insect)으로 분류되어 완전한 사회성(eusocial)을 가지고 있으나 생태적, 경제적으로는 안좋은 영향을 미친다(Scaduto *et al.*, 2012). 그리고 흰개미는 일반적으로 딱딱한 목재보다 연한 목재를 좋아하기 때문에 주로 습한 목재속에서 살고 있고, 목재를 포함하여 셀룰로오스 물질을 분해하고 부패·분해되고 있는 식물체 등을 가해하는 해충이다. 또한 재질이 연한 소나무를 제일 선호하고 심재보다는 변재를, 그리고 만재보다는 조재부를 더 가해한다.

흰개미는 농작물과 목재에 가장 해가 되는 해충으로서 매년 세계적으로 피해액이 수십억 달러에 이르고 있어, 과거에는 흰개미 피해를 줄이기 위하여 유해화학물질인 disodium octaborate tetrahydrate (DOT), calcium arsenate and chlorpyrifos를 사용하였다. 물론 흰개미의 피해는 막을 수 있었으나, 과도한 사용으로 환경에 유해한 결과를 초래하므로 지속적으로 사용되지 못했다. 따라서 많은 연구자들은 흰개미 제어의 새로운 방법을 개발하기 위해서 노력하고 있다(Verma *et al.*, 2010). 2010년 자료에는 흰개미 해충의 세계 경제에 미치는 영향이 4백억 달러 정도 추정된 것으로 나타났다(Rust and Su, 2012). 동북아시아에 위치한 국가 중, 중국과 일본은 다양한 흰개미 종의 서식지로 기록되어 있다(Zhong and Liu, 2002; Takahashi and Yoshimiura, 2002). 한국에서는 무엇보다 해인사와 종묘 정전을 포함한 오래된 많은 목구조물에 흰개미가 침입하여 피해를 주었다(Seoul, National treasure no. 227). 국내에는 일본흰개미(*R. speratus*)가 제주도와 울릉도를 포함한 전지역에 분포되어 있으며, 한옥 등 목조건축물에 피해를

주고 있다. 또한 최근에는 전라북도 완주 및 군산 일대에 서식하고 있는 칸몬흰개미(*Reticulitermes kanmonensis* Takematsu, 1999)가 서식하고 있는 것으로 보고(Kim *et al.*, 2012; Lee *et al.*, 2015)되고 있어 주의가 필요한 실정이다.

목재 수종들에 대한 흰개미 피해 관련 연구는 많은 연구자들에 의해 진행되어 오고 있다. 흰개미 피해가 적게 발생하는 목재는 개오동나무, 삼나무류, 노간주나무 등이 있고, 반대로 너도밤나무류, 오리나무, 자작나무, 단풍나무, 포플러, 가문비나무 그리고 소나무 등은 흰개미 피해가 자주 발생하는 것으로 연구된 바가 있다(Pest Notes, 1997). 국내에서도 2주 일간의 흰개미 목재편 섭취에 대한 실험에서 침엽수인 소나무와 활엽수인 오동나무, 불푸레나무 및 박달나무를 관찰한 결과 소나무는 목재를 섭취하여 흰개미 생존율이 최고 87%이었지만 나머지 3수종은 목재편을 섭취하지 않은 것으로 확인되었다. 특히 오동나무는 13.5%로 최저 생존율을 보인 것으로 확인되었다(Lee and Joung, 2004). 최근, Kim 등(2015)은 국내 자생 유용수종 5수종에 대한 천연내의성을 유럽기준에 의해 평가한 결과 구주소나무를 기준으로 삼나무와 낙엽송의 심재는 흰개미에 대하여 저항성을 가지고 있지만, 소나무와 리기다소나무의 심재는 저항성이 약한 결과를 보고하였다.

한편, 흰개미 방제약제는 매우 다양하다. 그 분류 방법은 약제 주성분의 이화학적 성질에 의한 것, 약제의 침입경로에 의한 것, 약제의 형태에 의한 것, 용도 즉 방제목적에 의한 것 등으로 구분하고 있다(Lee and Yu, 2003). 그리고 목재부후균의 발육과 흰개미에 대한 식해는 유사한 환경에서 진행되므로 방부 및 방의효력을 겸용한 약제로써 방부제와 방의제의 혼합물도 하나의 방법으로 사용되고 있다(Lee and Yu, 2003). 목재에 사용될 때에는 장기간에 걸쳐

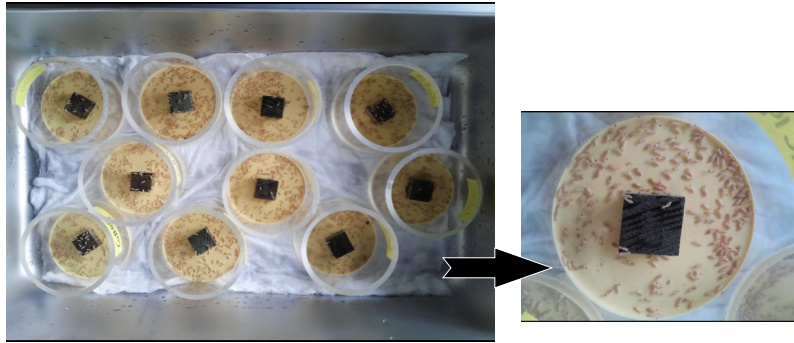


Fig. 1. Experimental set-up of termiticidal efficacy test for treated samples with three preservatives.

서 흰개미나 목재부후균 등의 침입이나 가해를 예방하고 억제하는 효과가 있기 때문이다.

따라서, 본 연구는 국내 목재시장에서 널리 사용되고 있는 방부처리 약제의 구리계 방부제(ACQ-2, CuAZ-3)와 차세대 구리계 방부제로 사용되고 있는 MCQ (Micronized Copper Quat.)에 대하여 방의효력을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

공시 흰개미는 국립산림과학원 내 야산에서 채취한 일본흰개미(*Reticulitermes speratus* Kolbe, 1885)를 사용하였다. 방의효력 시험을 위해 목재시편 1개에 대해 일개미 200두씩을 이용하였다.

목재는 산림조합중앙회 동부목재유통센터에서 구입한 약 35년생의 건전한 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.) 변재를 사용하였으며, 연륜수가 10 mm에 3~5개의 공은결 시편으로서 20 × 20 × 10 (T × R × L mm)로 제작하였다. 세 종류의 구리계 방부제로는 Alkaline copper quaternary (ACQ-2), Copper Azole (CuAZ-3), Micronized copper (MCQ)를 사용하였다.

2.2. 방의효력 시험

2.2.1. 세 종류의 방부제 각각에 대한 방의 효력 조사

시험대상이 되는 약제 처리 시편은 구성 성분별 시험이 아닌 실제 사용되는 약제전체에 대한 효력을 보기 위함이기 때문에 처리농도를 통일하여 기준으로 삼았다. 시험대상은 무처리재와 구리계 방부제 약액농도를 0.05, 0.15, 0.25, 0.45, 0.85, 1.25%로 각각 감압 및 가압 처리한 시료를 사용하였다. 일본 공업규격(JIS K 1571, 2004)의 시험방법에 따라 방의효력 시험을 하였으며, 사육 용기로는 직경 8 cm, 길이 6 cm의 아크릴 원통 바닥을 두께 약 5 mm의 치과용 석고를 이용하여 평평하게 막아서 사용하였다. 목재시편과 흰개미를 투입한 용기는 약 2 cm 두께의 습윤 탈지면을 깔고 용기 내 수분 증발을 막기 위하여 비닐로 덮어서 수분을 유지시켜주었다 (Fig. 1).

흰개미 사육 용기 중앙에 공시편을 놓고 일개미 200두를 투입하고 온도 28 ± 2℃, RH 70% 이상의 어두운 향온·향습실에서 사육하였다. 그리고 사육 7일이 경과할 때마다 흰개미를 모두 꺼내어 사충수를 측정하였으며, 시험은 3반복하여 2회 실시하였으며, 시험결과는 평균 사충율과 질량감소율로 나타났다.

2.2.2. 흰개미 선택 가해 시험 평가

방부제 간에 방의효력 비교를 위해 실제 사용되는 약제의 처리농도를 동일하게 감압 및 가압 주입을 실시하였다. 시험편을 주약관 내에 넣고 760 mmHg 감압력에서 전배기 30분 후, 7 kg/cm²의 가압력으로 30분간 처리하였으며, 후배기 30분으로 처리하였다. 방부제는 ACQ-2, CuAZ-3, MCQ를 사용하였으며, 국내에서 사용되고 있는 약제 자체에 대한 효력을 조사하기 위하여 처리농도를 1%가 되게 동일하게 하여 같은 처리조건으로 소나무 변재 시편에 처리하여 사용하였다.

방의효력시험에 사용된 배양 살레는 직경 20 cm, 높이 3 cm의 것으로 하였으며, 살레에 발포연석(난석)을 깔고 용기 내 수분증발을 막기 위하여 살레 뚜껑을 덮어 두었다. 무처리 시험편 1개와 처리 시험편 3개를 일정한 간격으로 놓고 일개미 200두를 투입하였으며, 3반복 시험의 2회 실시하였다. 배양 살레는 온도 28 ± 2℃, RH 70% 이상의 어두운 항온·항습실에서 사육하였다. 그리고 사육 7일이 경과할 때마다 흰개미를 살레에서 모두 꺼내어 사충수를 측정하였고 3주 동안 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 흰개미 방의 효력에 대한 조사

일본흰개미를 대상으로 하여 3종의 구리계 방부제에 대한 실내 방의 효력 시험 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 3가지 방부제 약제처리에서, ACQ-2 처리 목재는 2.0 kg/m³ 이상 처리된 시편에서 질량감소율이 3% 이하의 효력을 보여주었다. CuAZ-3 처리 목재는 일본흰개미에 의한 목재의 질량감소율이 1.1 kg/m³ 이상 처리된 시편에서 3% 이하의 효력을 보여주었다. 그리고 MCQ 처리 목재의 질량감소율은 0.44 kg/m³ 이상 처리된 시편에서 3% 이하의 효력을 보여주었다. 특히, MCQ 처리 목재의 경우에는 100%의 사충률을 나타냈으며, *R. speratus*에 대하여 높은 방의효력을 보여주었다. 전체적으로 시험된 약제들 사이의 방의효력을 비교해보면 ACQ-2보다 CuAz-3

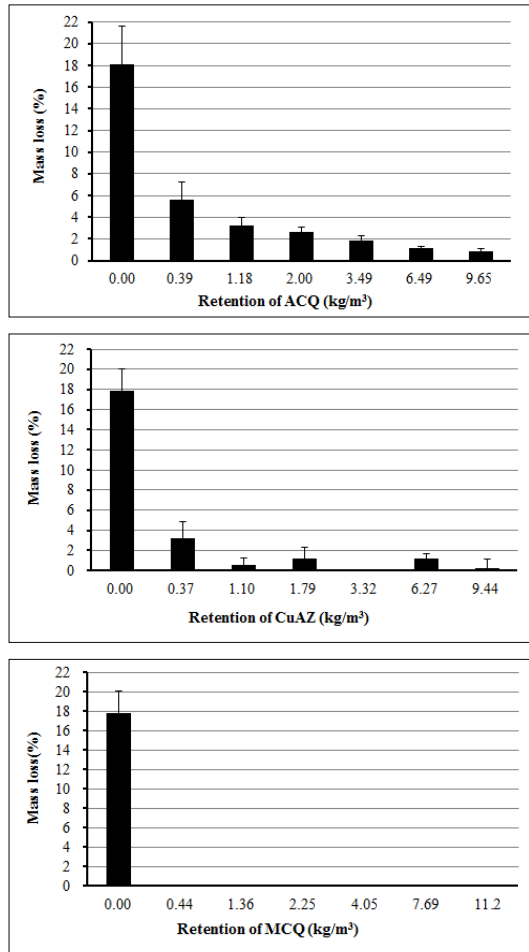


Fig. 2. Mass loss of three preservative treated woods as a function of their retention level after the exposure to *R. speratus* for three weeks.

가, CuAZ-3보다 MCQ 처리에서 더 큰 효력을 보여주었다. 이러한 ACQ와 CuAz 약제의 효력차이는 Ma 등(2013)이 ACQ와 CA (copper azole)를 3수종 목재에 표면처리를 하여 시험한 결과에서도 같은 경향을 보여주었다. Ma 등은 ACQ-C 처리가 CA-C보다 *Pinus radiata*에서 3.2배, *Cunninghamia lanceolata*에서 3.5배, *Picea asperata*에서 3.3배 더 많이 처리해야 질량 감소율 3% 이하의 효과를 나타낸다고 보고하였다.

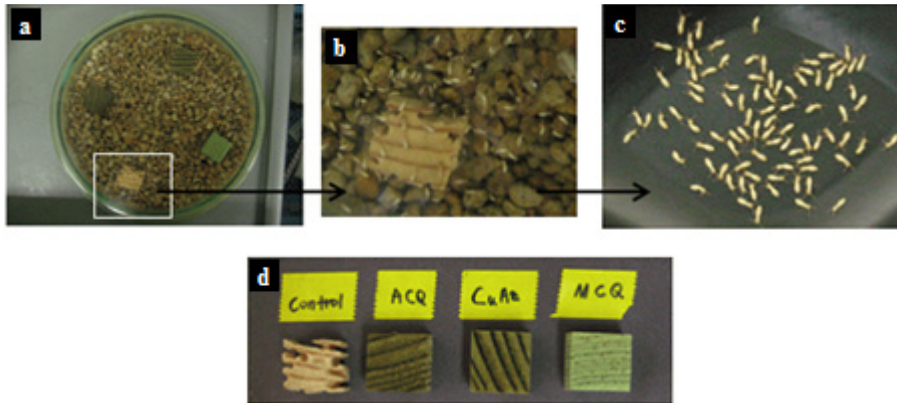


Fig. 3. Choice-feeding termite test for three weeks [a: samples under feeding test (white box is control sample), b: feeding control sample, c: termites, d: samples of after three weeks].

3.2. 흰개미 선택 가해 시험에 의한 3종의 방부목재간 방의 효력 비교

시험편에 처리된 약제의 주입량은 ACQ-2 처리재가 3.33 kg/m^3 , CuAZ-3의 경우 4.18 kg/m^3 , MCQ는 9.74 kg/m^3 로 나타났다. 3종의 방부목재에 대하여 흰개미의 가해 및 유인 현상을 알아보기 위한 선택 가해 시험에서 흰개미가 대부분 무처리 시험편을 가해하는 현상이 나타나 시험에 사용된 흰개미의 활성화는 문제가 없는 것으로 보여졌다. Fig. 3은 흰개미의 선택 가해 시험을 보여준 것이다. Fig. 3의 d는 3주간의 흰개미 선택 가해 시험 후의 시험편이다. 흰개미에 대한 가해 흔적이 나타난 경향은 반복된 선택 가해 시험 모두에서 무처리재에 가해가 집중되어 나타났다(무처리재 평균 질량감소율 $25.73 \pm 4.1\%$). 반면에 3종의 구리계 방부제 처리 시험편들에 대해서는 흰개미의 가해 흔적이 관찰되지 않았다. 3주간 시험 후의 흰개미 선택 가해 시험의 사충률은 평균 $65.4 \pm 12.1\%$ 로 나타났다.

시험 설계된 세트 내에서 3종의 방부처리재는 일본흰개미가 가해를 하지 않았고, 방부처리하지 않은 무처리재로 흰개미가 몰려 그 피해가 상대적으로 크게 나타난 것은 흰개미가 3종의 방부처리재에 대한 공격을 회피한다고 할 수 있거나, 3종의 방부처리재가 방의 효력을 가지고 있다고 생각할 수 있다. 흰개

미에 대한 3종이 방의 효력면에서 본다면 사용된 1%의 ACQ, CuAZ 및 MCQ 처리재는 90% 이상의 방의효력을 보여주는 것으로 나타났으나, 3종의 방부제 사이의 효력 차이는 나타나지 않았다. 비교를 위해 설정한 시험 기간이 처리 농도에 대하여 다소 짧아 그 효력의 차이가 발생하지 않은 것으로 생각되어 질 수 있으며, 이는 실제 환경에서 사용되는 방부제들이 흰개미에 대해 효력을 발휘한다고도 생각할 수 있을 것이다. 또한, Zelinka (2013)도 언급했듯이 ACQ, MCQ는 목재 방부제이기도 하지만 살생물제, 유기 항균제인 것을 바탕으로 방충제 및 방부제 역할을 동시에 한다고 했듯이, 구리계 방부제는 부후균에 대한 효력뿐만 아니라 방의효력도 함께 갖고 있다고 생각할 수 있다.

4. 결 론

지구 온난화로 인한 기후변화에 따라 여러 가지 목재를 가해하는 해충 피해가 증가되고 있으며, 특히 흰개미에 의한 목구조물의 피해가 확산되고 있기에 국가적인 차원에서 흰개미 피해 방지를 위한 적극적인 대책마련이 필요한 시점이다. 최근 국내에서는 일본흰개미 개체의 증가로 목구조물 및 목질재료에 대한 피해가 급증하고 있어 목구조물에 대한 흰개미 방제와 그에 따른 체계적인 관리가 시급한 상황이며

지속적인 안전관리가 필요하다. 이러한 시점에서 국내에서 방부처리로 많이 사용되는 약제들에 대한 방의 효력에 대하여 기초 데이터를 조사하였고, 그 결과 방부제의 종류에 따라 흰개미에 효력을 주는 주입량이 서로 다르다는 것을 알 수 있었다. 따라서 방부처리를 하여 흰개미에 의한 피해를 줄이고자 할 때에는 주입량의 적정량을 조절하여 처리하여야 흰개미 서식지역에서의 보존처리목재가 안전하게 사용될 것으로 생각된다.

REFERENCES

- Kim, M.-J., Choi, Y.-S., Lee, J., Kim, J.-J., Kim, G.-H., 2012. Molecular characteristics of subterranean termites of the genus *Reticulitermes* (Isoptera: Rhinotermitidae) from Korea. *Annals of the Entomological Society of America* 105, 97-102.
- Kim, Y.H., Jung, G.S., Yoon, S.M., Lee, J.S., Ra, J.B., Kim, Y.S. 2015. Termite resistance of useful Korean wood species according to European standard (EN118). 2015 proceeding of the Korean society of wood science and technology annual meeting: 108-109.
- Lee, K.S., Joung, S.Y. 2004. Ecological characteristics of termite (*Reticulitermes speratus* kyushuensis) for preservation of wooden cultural heritage. *Cultural heritage* 37: 327-348.
- Lee, D.H., Yu, D.P. 2003. Termite ecology and their control. Korea Forest Research Institute.
- Lee, W.H., Choi, D.-S., Ji, J.-Y., Kim, N., Han, J.-M., Park, S.-H., Lee, S., Seo, M., Hwang, W.-J., Forschler, B.T., Takematsue, Y., Lee, Y.-H. 2015. A new record of *Reticulitermes kanmonensis* Takematsu, 1999 (Isoptera: Rhinotermitidae) from Korea. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 18: 351-359.
- Ma, X., Jiang, M., Wu, Y., Wang, P. 2013. Effect of wood surface treatment on fungal decay and termite resistance. *BioResources* 8(2), 2366-2375.
- Rust, M.K., Se, N.Y. 2012. Managing social insects of urban importance. *Annual Review of Entomology* 57: 355-375.
- Scaduto, D.A., Garner, S.R., Leach, E.L., Thompson, G.J. 2012. Genetic evidence for multiple invasions of the eastern subterranean termite into Canada. *Entomological Society of America* 41(6): 1680-1686.
- Takahashi, M., Yoshimura, T. 2002. Recent development in the control of Japanese subterranean termites. *Sociobiology* 40: 13-23.
- UC statewide IPM Program, 2002. Pest Notes: Drywood Termites, Oakland: University of California Agriculture and Natural Resources Publication 7440 (<http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/PESTNOTES/pn7440.html>).
- Verma, M., Sharma, S., Prasad, R. 2010. Plant based, eco-friendly wood preservatives for termite control. Indian Institute of Technology, Delhi (The Sixteenth Annual International Sustainable Development Research Conference. 30. Hong-Kong).
- Zelinka, S.L. 2013. Corrosion of fasteners in wood treated with newer wood preservatives. General technical report. FPL-GTR-220.
- Zhong, J.H., Liu, L.L. 2002. Termite fauna in China and their economic importance. *Sociobiology* 40: 25-32.