

# 생태계에서 흰개미의 역할

박현철

부산대학교 생명자원과학대학 생명응용과학부

일반적으로 생태계 내에 식물에 의해 생산된 영양물질은 토양 및 여러 생물, 특히 분해자와 밀접한 관계를 가지고 있으며, 대부분의 식물이 필요로 한 영양물질은 토양 동물이나 미생물과 같은 분해자의 분해 활동에 전적으로 의존하고 있다. 열대, 아열대, 온대 지방의 생태계의 경우 영양물질 순환에 토양 동물과 같은 분해자의 역할이 무엇보다도 중요하다 할 수 있다. 이에 반해, 이들 분해자의 서식밀도가 낮은 사반나, 초원 및 건조한 사막과 같은 지역의 경우에는 영양물질 순환에 있어서 사회성 곤충인 흰개미의 역할이 상대적으로 큰 것으로 알려져 있다. 생태계에서의 물질순환에 대한 이해를 돕고자 아직 국내에서는 생소한 사회성 곤충인 흰개미를 예로 들어 설명하고자 한다.

미국의 생태학자 Silva 등의 연구에 따르면 미국 Chihuahuan 사막에서 서식하고 있는 흰개미인 *Gnathamitermes tubiformans* 의 경우 1차 생산물의 50% 정도를 소비하고 있는 것으로 알려졌고, 다른 학자들에 의한 연구결과, 같은 지역에서 이들 흰개미에 의해 순환되고 있는 질소, 인 및 황은 전체 순환량의 14% 내지 20%에 달한다고 보고하였다. 이외에도, 여러 학자들에 의해 흰개미가 토양 내 영양물질 함량의 변화 및 토양의 물리적, 화학적 성질에도 직·간접적으로 영향을 주고 있는 것으로 밝혀지고 있어 흰개미와 같은 아주 미약한 곤충도 생태계 내에서의 그 가치는 매우 높다고 할 수 있다.

## 흰개미는?

이처럼 생태학에 흰개미가 어떻게 영양물질에 관여하고 있는 지를 살펴보기 전 우리나라에서는 아주 생소한 흰개미에 대해 간략하게 살펴볼 필요가 있다. 일반인들은 우리나라에서도 흰개미가 있을까? 하는 의문점이 생기겠지만 사실 전국에 걸쳐 어디에서나 볼 수 있을 만큼 분포되어 있다. 흰개미목 (Isoptera)

에 속하는 흰개미 (Termites)는 그 외부형태, 색깔 및 서식 습성이 일반 개미와 흡사하여 오랜 기간 동안 흰개미 (White ants)라고 불려졌으나, 오히려 여러 측면에서 보면 바퀴목 (Blattaria)의 바퀴와 유사하다 하겠다. 실제로, 일반 개미와 형태 및 그 크기가 비슷하기는 하나 외부형태는 크게 다른데, 일반 개미가 가슴과 복부 사이에 가는 허리를 가지고 있는데 반해 흰개미는 가슴에 광범위하게 연결된 복부를 가지고 있으며, 일반 개미의 생식형 개미의 경우 앞날개와 뒷날개보다 긴데 비해 흰개미는 앞날개와 뒷날개의 길이가 같다. 전 세계적으로 2300여종의 흰개미가 보고 되었으며, 국내의 경우 단지 1종만이 보고되어 있다. 사회성 곤충인 흰개미는 일반 개미나 벌과 같이 여왕개미 (Queen), 왕개미 (King), 생식형 개미 (Reproductive), 병정개미 (Soldier), 일개미 (Worker) 등의 독특한 계급사회를 구성하고 있으며, 다른 곤충과는 달리 종에 따라 독특한 변태 양상을 보이고 있다 (그림 1, 사진 1).

<그림 1, 사진 1 삽입>

짜짓기 시기가 되면 생식형 개미에서 분화된 여왕개미와 왕개미는 각각 날개를 달고 날아올라 짝을 찾은 다음 적당한 지역을 찾은 후 각각 날개를 떼고 암수 한 쌍이 협동하여 흙을 파거나 나무속에 새로운 집을 형성하고 알을 산란하기 시작하며, 알에서 부화된 일개미에 의해 개미집이 완성 된다. 여왕개미의 경우, 일차적으로 알에서 부화된 일개미에 의해 개미집이 완성되면 복부가 팽창되고 발달하여 이 시기 이후에는 이동도 하지 못하고 먹이조차 일개미가 먹여 주는 먹이에만 의존한 채 왕개미에 의해 Royal cell이라 불리는 방에 갇혀 일생동안 산란에만 전념하게 된다. 일반적으로 종에 따라 그리고 여왕개미의 연령에 따라 차이는 있으나, 한 마리의 여왕개미는 매일 1000개 이상의 알을 산란할 수 있는 것으로 알려져 있다. 일례로, *Nasutitermes exitiosus*라는 흰개미의 경우, 여왕개미가 20년 이상 생존한 것으로 조사되었으며, 이 여왕개미에 의한 산란 수를 추정하였을 때 일생동안 산란한 알의 수는 대략적으로도 7,300,000개에 달한다고 할 수 있다. 흰개미의 먹이는 종에 따라 다르지만, 주로 낙엽, 줄기, 가지와 같은 식물의 죽은 조직을 먹이로 이용하지만 일부 흰개미의 경우 살아있는 나무 조직을 가해하거나 초식동물의 배설물 혹은 유기물 함량이 높은 토양을 먹이로 이용하기도 한다. 또한, *Macrotermes subhyalinus* 와 같은 흰개미는 특정 식물의 잎을 잘라서 개미집으로 가져와 곰팡이를 배양하여 이를

먹이로 삼고 있는 종도 있다. 이상과 같은 흰개미의 먹이활동으로 인해 목조 건축물에 심각한 피해를 주고 있어 흰개미를 주요 해충으로 간주하기도 한다.

## 생태계에서의 흰개미 역할

생태계에서 흰개미의 역할은 크게 세 부분으로 요약할 수 있는데, 흰개미의 서식밀도, 먹이활동, 먹이선택 및 먹이 소비량에 따라 달라지기는 하나, 일반적으로 흰개미는 생태계에서 순환되고 있는 전체 에너지의 일부를 변환시킨다. 이를 규명하고자 여러 학자들이 많은 연구가 진행되었으며, 이들 연구들 중 일부 흰개미는 특정 생태계에서 순환되는 영양물질의 51.5%를 분해하고 있으나, 동일지역에 서식하고 있는 토양 동물과 같은 분해자의 역할은 미미한 것으로 조사되어 영양물질의 순환에 있어서 흰개미는 매우 중요한 역할을 하고 있는 것으로 보고 되었다. 이외에도 여러 연구의 결과들로부터 흰개미는 끊임없이 영향을 주고 있는 것으로 밝혀지고 있다.

두 번째로, 흰개미는 개미집을 형성하면서 혹은 먹이를 수확하면서 토양의 물리적 성질이나 화학적 성질을 변화시키며, 이로 인해 식물의 군집형성과 같은 물리적, 화학적으로 생태계에 끊임없이 영향을 주고 있다는 점이다. 흰개미의 이상과 같은 생물학적 활동으로 인한 토양의 물리적, 화학적 성질의 변화에 대해서도 많은 연구가 보고되고 있는데, 일반적으로 흰개미에 의한 토양성질의 변화는 개미집 내부의 통로나 공간을 형성하기 위해 지하부의 토양을 지표면으로 운반하면서 시작되는 것으로 알려졌다. 이렇게 형성된 흰개미집의 토양에 함유된 영양물질은 여러 요인에 의해 침식됨으로서 다시 생태계로 환원되고 있는데, 견고한 개미집의 독특한 구조로 인해 종에 따라 차이는 있으나 대체로 흰개미집의 침식은 수년에서 수십 년이 소요되는 것으로 알려져 있다.

또한, 개미집 내 토양은 흰개미의 수확활동이나 기타 생물학적 활동으로 인하여 끊임없이 물리적, 화학적으로 그 성질이 변하여, 영양물질의 종류에 따라 그 축적 농도가 지속적으로 증가하고 있는 것으로 알려져 있다. 한 예로, 서부 호주에서의 한 흰개미의 개미집 내 토양과 개미집 주변 토양에 함유된 영양물질을 비교한 결과, 영양물질의 종류에 따라 차이는 있으나, 개미집에 함유된 영

양물질의 함량은 주변 토양에 함유된 영양물질보다 2배 내지 7배에 달하였다. 이와 같이 개미집에 고농도의 영양물질이 함유됨으로서 일부 과학자들은 흰개미집을 농작물 재배시 비료로서의 사용 가능성을 시사하기도 하였다. 따라서, 흰개미는 끊임없이 토양의 성질을 변화시키고 있으며, 이에 따라 개미집의 토양에 영양물질이 지속적으로 축적되고 있다. 이들 흰개미에 의해 축적된 토양 내 영양물질이 생태계로 환원되는데 개미집의 붕괴나 자연적인 침식작용이 큰 몫을 하고 있으나, 개미집의 붕괴나 자연적인 침식작용은 장기간의 시간이 요구된다. 그러나, 시간이 오래 걸리기는 하나 전체 생태계 내에서의 영양물질의 순환에 있어서 개미집은 영양물질의 저장 창고로서 중요한 부분을 차지하고 있음에는 틀림없다.

마지막으로서, 다른 생물과의 관계를 들 수 있다. 흰개미의 생태계 내 영양물질의 순환에 대한 기여는 다른 생물과의 직접 혹은 간접적인 관계에 있다. 이는 흰개미를 직접 섭식하는 많은 포식자에 의해 흰개미 체내에 축적된 많은 양의 영양물질이 생태계로 환원되고 있기 때문이다. 흰개미집의 외부침입에 대한 방어적인 구조로 인해 생태계로 환원되는 영양물질은 흰개미들이 먹이 수확이나 짝을 짓기 위해 개미집 밖으로 나오는 시기에 포식자에 의해 대부분 포획되어 순환된다. 생태계에서 흰개미를 먹이로 삼고 있는 포식자의 종류는 다양하여 척추동물 중에서 고슴도치, 개미핥기와 같은 흰개미를 주식으로 하는 포유동물과 침팬지나 심지어 여우와 같은 포유동물 및 파충류, 양서류, 조류 등이 있으며, 무척추동물 중에서는 거미류나 전갈 및 개미, 등애와 벌과 같은 곤충 등이 있으며, 심지어 사람의 경우에도 흰개미를 섭취하고 있는데 아프리카나 호주 및 열대지방의 일부 종족의 경우 매년 흰개미의 짝짓기시기에 날개를 단 생식형 개미를 단백질 원으로 섭취하고 있다.

이처럼 다양한 포식자에 의해 생태계로 순환되는 영양물질의 양은 흰개미의 구성계급인 생식형 개미의 구성비율 (1-15%)에 따라 차이가 나나, 일반적으로 여러 포식자에 의해 순환되는 영양물질의 양은 전체 Colony 내 흰개미 체내에 함유된 영양물질의 15%에 달하는 것으로 조사되었다. 이는 짝을 짓기 위해 개미집 밖으로 나온 생식형 개미가 짝을 짓기도 전에 여러 포식자들에 의해 포획되는 개체가 99.5%에 달하고 다행히 살아 남아 실제 짝을 지어 새로운 Colony를 형성하는 생식형 개미는 전체 생식형 개미의 0.5%에 불과하다. 그림 3은 위

에서 언급한 내용을 토대로 생태계에서 흰개미를 중심으로 영양물질의 순환을 도식화한 것으로서 생태계에서 흰개미의 역할을 잘 설명해 주고 있다.

<그림 2 삽입>

## 해충으로서의 흰개미

위에서 언급한 흰개미의 생태학적 중요성에도 불구하고, 오랫동안 흰개미는 해충으로서 인식되어 왔다. 이는, 전 세계 각 지역에서 벌목한 나무나 가옥내부의 목재, 전신주, 목조다리, 철도 침목 및 심지어 농작물에 대한 피해가 보고되고 있기 때문이다. 국내의 경우에도 한일합방시기에 철도 침목에 대한 피해가 보고되기 시작한 후 가옥 내부의 목조 구조물에 대한 피해가 조금씩 알려지다가 최근에 들어서는 버섯재배용 톱밥이나 경남 해인사 등의 국보급 문화재에 대한 피해가 알려지게 되었으며, 특히 본 저자의 조사결과 국보급 문화재의 경우 흰개미에 의한 피해가 의외로 심각하여 이에 대한 대책이 필요하다 (사진 2). 이외에도 생태계 내에서 흰개미에 의한 물질대사 과정 중 생성되는 질산염에 의한 지하수 오염에 따른 간접적인 피해도 보고되고 있으나, 그 정도는 미미하다고 할 수 있다.

<사진 2 삽입>

이처럼 다양한 피해를 주고 있는 흰개미는 전체 흰개미 종의 5~6%만이 주된 해충으로 알려져 있으며, 이들 흰개미의 효과적인 방제 및 예방을 위해 흰개미에 대한 분류학적, 생태학적 연구의 뒷받침이 필요하다. 이에 따라, 외국의 경우 오랜 기간동안 흰개미에 대한 다방면의 연구가 활발히 진행되고 있으며, 그 연구 결과에 따라 흰개미에 의한 피해를 줄이고자 매년 막대한 예산을 사용하여 방제 및 예방에 전력을 쏟고 있으나, 대부분 피해를 주고 있는 흰개미 종들은 지하에 Colony를 형성하는 Subterranean 종이라 이들의 방제에 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다. 그러나, 국내의 경우에는 흰개미에 대한 연구가 전혀 이루어지지 않고 있으며, 심지어 분류 및 생태학적 연구조차 전무한 실정에 있어 흰개미에 의한 심각한 문제가 야기되기 전에 기초 연구가 절실하다 하겠다. 현재 국내에서 기록된 흰개미는 1917년 일본학자에 의해 보고된 한 종만이 알려져 있다.

간략하나마 국내에서는 생소한 곤충으로 여겨지는 흰개미에 대하여 소개는 하였으나, 전반적으로 미흡한 부분이 많으리라 생각하며, 앞으로 흰개미에 대한 좀 더 많은 연구가 절실하다고 하겠다. 특히, 국내에서는 아직까지 큰 문제를 야기시키고 있지는 않지만, 지역에 따라 흰개미에 의한 피해가 보고되고 있으므로, 이를 효과적으로 대처하기 위해서는 흰개미의 분류체계 확립과 생태학적 연구가 시급하다 하겠다. 아울러, 선진 외국에서는 폐지처리나 창자 내 공생미 생물을 이용한 폐수처리 등의 여러 방면에서 흰개미를 이용하는 연구가 진행되고 있어 국내에서도 이에 대한 연구가 필요하리라 생각된다.

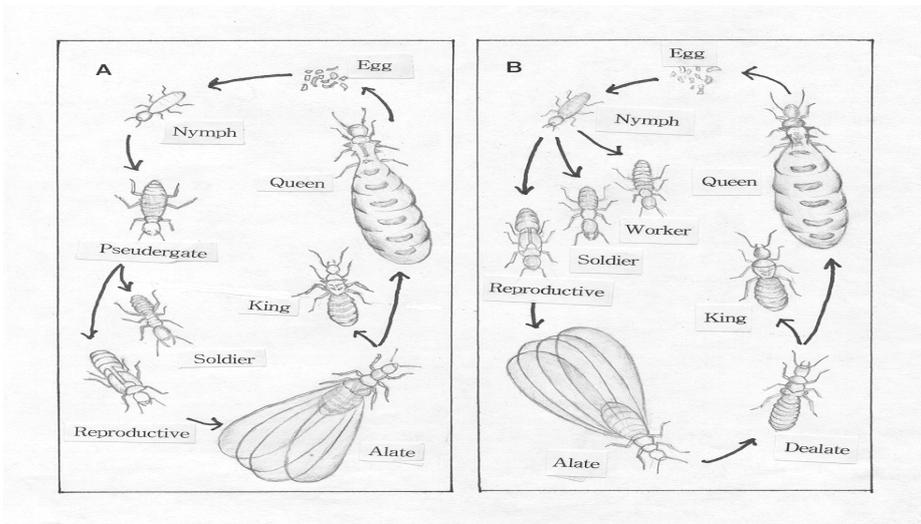


그림 1. 흰개미의 생활환 (Life cycle). A. 하등 흰개미 (Primitive termite: Mastotermidae), B. 고등 흰개미 (Recent termites: Rhinotermitidae, Termitidae).

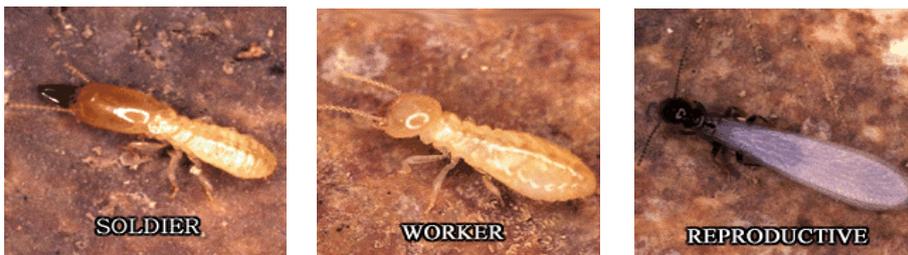


사진 1. 흰개미의 계급에 따른 외부 형태 (병정개미, 일개미, 생식형개미)

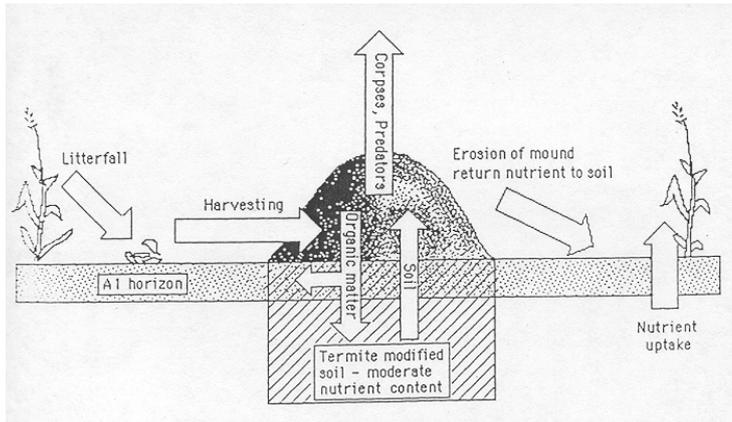


그림 2. 한 생태계에서 흰개미에 의한 영양물질 순환 모식도



사진 2. 흰개미에 피해를 받은 각종 국보급 문화재 (A. 불국사 대웅전, B. 봉정사 대웅전, C. 임청각 군자정, D. 은혜사 영산정).