

# 꿀벌에 기생하는 꿀벌응애(*Varroa destructor*)와 중국가시응애(*Tropilaelaps clareae*)의 형태적 특성과 생태적 상호작용

최용수\* · 이명렬 · 심하식 · 김혜경 · 변규호 · 윤미영 · 강아랑 · 트란 반 또안 · 홍인표 · 우순옥  
농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부 잠사양봉소재과 꿀벌육종연구실

## Morphological Analysis and Determination of Interference Competition between Two Honeybee Mites: *Varroa destructor* and *Tropilaelaps clareae* (Acari: Varroidae and Laelapidae)

Yong-Soo Choi\*, Myeong Lyeol Lee, Ha Sik Sim, Hye Kyung Kim, Kyu Ho Byeon,  
Mi Young Yoon, Ah Rang Kang, Tran Van Toan, In Pyo Hong and Soon Ok Woo

Department of Agricultural Biology, RDA, National Academy of Agriculture Sciences, Wanju, Republic of Korea

(Received 27 October 2014; Revised 12 November 2014; Accepted 17 November 2014)

### Abstract

The ectoparasitic honey bee mites was originally confined to the Asian honey bee (*Apis cerana* etc.). Mites attach to adults and developing brood, where they feed on the hemolymph. If left untreated, mites can deform bees and eventually kill the colony. *Varroa destructor* and *Tropilaelaps clareae* have plagued European honey bees, *Apis mellifera*. Differences in mite tolerance are reported between two honey bee species *A. mellifera* and *A. cerana*. We counted number of mites (*V. destructor* and *T. clareae*) from 20 colonies. *V. destructor* and *T. clareae* has very similar behavior in honeybee colony. When behaviorally close, two competing species may populational interfere, and thereby affect their population dynamics. We tested for populational interference (PI) between two populational competing honeybee mites, *V. destructor* and *T. clareae*, by investigating their population dynamics when they competed on the same colony. Population of *V. destructors* are increased during August, whereas population of *T. clareae* are decreased. The effects of interspecific competition on the population growth of mites (focus in the colony) are summarized in data. The presence of *T. clareae* on with *V. destructor* led to reduce in the change of *T. clareae* population size at August compared with other season, indicating that some form of interspecific competition occurred between the two species.

Key words: Interference competition, Honey bee, *Apis mellifera*, *Varroa destructor*, *Tropilaelaps clareae*

\*Corresponding author. E-mail: beechoi@korea.kr

## 서 론

꿀벌 기생성 응애류는 꿀벌의 생활사와 같이 생활하면서 꿀벌 산업의 생산성에 좋지 않은 영향을 미치는 가장 중요한 방제 대상 해충으로 알려져 있다. 꿀벌응애(*Varroa destructor*)는 동양종 꿀벌(*Apis cerana*)에 기생하던 해충이었으나, 동양종 꿀벌과 서양종 꿀벌(*Apis mellifera*)의 사육 중 동양종 꿀벌(*A. cerana*)에서 서양종 꿀벌(*A. mellifera*)에 기주이전을 한 사례로써 지난세기부터 서양종 꿀벌(*A. mellifera*)에 가장 심각한 생산성 저해 및 질병 전염 등의 문제를 야기하는 해충으로 분류되어 있다. 이러한 꿀벌응애(*Varroa destructor*)는 서양종 꿀벌(*A. mellifera*)의 봉군붕괴 현상과도 연관관계가 있음이 알려져 있다(Anderson *et al.*, 1988, Cox-Foster *et al.*, 2007). 꿀벌응애(*V. destructor*)의 방제를 위한 살충제가 많이 사용되고 있으며 이러한 살충제가 역할을 하지 못할 때 꿀벌 봉군의 붕괴는 2년 이내에 일어나며, 봉군붕괴를 야기하는 한 가지 요인으로 인식되는 꿀벌응애(*V. destructor*)는 질병의 매개에 대한 위험성에 대한보고도 있다(Shimanuki H *et al.*, 1994, 최용수 등 2008). 꿀벌응애(*V. destructor*)에 피해를 입은 봉군의 꿀벌은 체중과 수명이 단축되고 궁극적으로는 봉군이 붕괴된다(Beetsma *et al.*, 1989, Garedeew *et al.*, 2004). 일반적으로, 꿀벌 봉군의 붕괴에 꿀벌응애(*V. destructor*)가 미치는 영향 중 한가지로 꿀벌응애(*V. destructor*)가 꿀벌의 표피에 상처를 내어서 외부의 발병인자들이 꿀벌의 hemolymph로 유입되는 것을 이야기한다(Anderson *et al.*, 1988; Dall D.J., 1985; Dandeu J.P. *et al.*, 1991). 이와 더불어 최근 10년간 보고되고 있는 국내 중국가시응애(*Tropilaelaps clareae*)에 의한 피해도 꿀벌응애(*V. destructor*)에 의한 피해와 동일한 피해를 보일 것으로 추측되는데, 중국가시응애(*T. clareae*)는 1961년 Delfinado와 Baker에 의하여 최초 보고 되었다. 중국가시응애(*T. clareae*)가 꿀벌응애(*V. destructor*)와 기문응애(*Acarapis woodi*)보다 더 많은 피해를 야기할 수 있음이 보고되고 점차 그 피해가 확인되고 있는 중이며(Burgett and Akrotanakul, 1983), 여행객을 비롯한 생산물 교역을 통해 전 세계로 확산되어 가고 있음을 경고하기도 한다(Shimanuki and Knox,

1997).

꿀벌 응애류의 외부형질에 대한 연구는 여러 분야에서 이용되어 왔는데, 대표적으로 꿀벌 응애류의 계통을 분류하고 아종의 구명 및 지역적 격리 정도를 파악하기 위한 연구가 진행되었는데, 중국가시응애(*T. clareae*)의 경우 최근 형태적인 차이와 연관된 유전적 차이점에 대한 연구가 보고된 바도 있다(Anderson and Morgan, 2007). *Tropilaelaps* (Acari: Laelapidae)속 중에 중국가시응애(*T. clareae*)는 인도최대종(*Apis dorsata*)에서 기생하는 것이 최초로 보고된(Laigo and Morse, 1968) 후 동남아시아 여러 나라의 야생종 꿀벌에서 그 발생이 보고되기도 했다(Delfinado-Baker and Baker, 1982; Delfinado-Baker *et al.*, 1985; Koeniger *et al.*, 2002). 중국가시응애(*T. clareae*) 성체의 생리·생태를 연구하는 중 꿀벌응애(*V. destructor*)보다 수명은 조금 짧으나 더 심각한 봉군 감소 현상을 야기할 수 있다는 가능성도 보고되었다(Laigo and Morse, 1968; Burgett *et al.*, 1983; Warisa *et al.*, 1988; Burgett *et al.*, 1990). 실제 2012~2013년 국내 양봉농가에서 중국가시응애(*T. clareae*)의 발생으로 봉군의 폐사 및 감소 증세를 호소하는 사례가 잦았다.

따라서 본 연구에서는 꿀벌에 기생하는 꿀벌응애(*V. destructor*)와 중국가시응애(*T. clareae*)의 외부형질 차이에 따른 생태적 특성의 차이를 설명하고, 종별 상호작용으로 인한 개체수의 변화 및 차이를 확인하여 적절한 방제 방법 및 시기 등을 적용할 수 있는 자료로의 활용을 목적으로 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 꿀벌시료

본 연구에서 사용된 꿀벌응애(*V. destructor*)와 중국가시응애(*T. clareae*)는 벌통 바닥에 설치한 시트지 위에서 채집하여 각각의 봉군별 채집된 개체수를 측정하였으며, 서양종 꿀벌 유충 시료는 농촌진흥청 실험 양봉장의 실험봉군에서 채취하였으며, 꿀벌응애(*V. destructor*)와 중국가시응애(*T. clareae*)의 외부의 형태

적 특성을 분석을 위하여 주사전자현미경 관찰용 시료를 제작하는데 사용하였다.

### 주사전자현미경(SEM: Scanning Electron Microscope) 분석

꿀벌응애(*V. destructor*)와 중국가시응애(*T. clareae*) 시료를 클로로포름으로 마취시킨 후 4°C로 냉각되어 있는 인산버퍼(buffer) 용액 속에 넣어 세척하고, 2~3%의 gultavaldehyde, 인산버퍼 용액 속에 약 5분간 넣어둔 후 SEM으로 관찰하기까지의 과정에서 형태가 변화하지 않도록 하기 위해 화학적인 처리를 위하여 2~3%의 gultavaldehyde, phosphate buffer의 전고정액을 사용하여 4°C에서 2시간동안 고정하고 Phosphate buffer (4°C)에서 2시간 세척하고 1% O<sub>6</sub>, O<sub>4</sub> phosphate buffer (4°C)에서 2시간 고정한다. 탈수 시 표면형성 변화를 일으키지 않게 하기 위해 50% 아세톤 용액에서 실온으로 5분간 2회 탈수하고 70% 아세톤 용액으로 실온으로 5분간 2회 탈수, 80% 아세톤 용액에서 실온으로 10분간 2회 탈수, 90% 아세톤 용액에서 실온으로 15분간 2회 탈수 후 마지막으로 100% 아세톤 용액에서 실온으로 20분간 2회 탈수한다. 탈수가 끝난 시료는 마지막으로 시료에 포함되어 있는 아세톤을 건조시켜야만 하고, 건조가 끝난 시료를 시료대에 은 페이스트로 고정하고 금으로 코팅한 후 SEM촬영에 사용하였다.

### 꿀벌응애(*V. destructor*)와 중국가시응애(*T. clareae*) 개체 수 조사

시험용 봉군의 사전 밀도조사를 위하여 벌통 바닥에 시트지(sticky boards)를 깔고 꿀벌응애(*V. destructor*)와 중국가시응애(*T. clareae*)의 개체수를 비교하였으며, 상호간 개체 수 변화의 비교를 위하여 7~9월 3달간 7일 간격으로 시트지(sticky boards)를 교체하면서 관찰하였으며, 누적 개체 수 비교를 통하여 꿀벌응애(*V. destructor*)와 중국가시응애(*T. clareae*)의 개체 간 밀도차이를 확인하였다.

## 결과 및 고찰

### 꿀벌응애(*V. destructor*)와 중국가시응애(*T. clareae*)의 외형적 특징

꿀벌응애(*V. destructor*)와 중국가시응애(*T. clareae*)는 벌 방이 봉개(capping)되기 1~2일 전에 일벌을 속이기 위하여 벌방 내의 유충먹이과 유충의 사이에 숨는다. 응애류의 기문륜(peritremes)은 꿀벌 유충 먹이인 유동성 액상 표면에서 호흡이 가능하여 생존할 수 있다(Fig. 1). 봉개된 벌 방에 들어간 꿀벌응애(*V. destructor*) 암컷은 60시간이 지나면 첫 번째 산란을 한다. 꿀벌응애(*V. destructor*)의 첫 번째 산란은 수컷새끼를 산란하고 암컷새끼는 30시간 단위로 산란이 된다. 이 과정에서 꿀벌 일벌은 봉개하고 봉개된 벌 방에서 꿀벌응애(*V. destructor*)와 중국가시응애(*T. clareae*)는 전용기의 꿀벌유충의 다섯 번째 복부마디에 흡착하여 증식하게 된다(Diana *et al.*, 2000). 이들 응애류는 전용기(pharate stage)의 꿀벌 애벌레와 함께 벌 방에 서식하고 어미암컷 응애류는 다음 세대에게 먹이의 위치

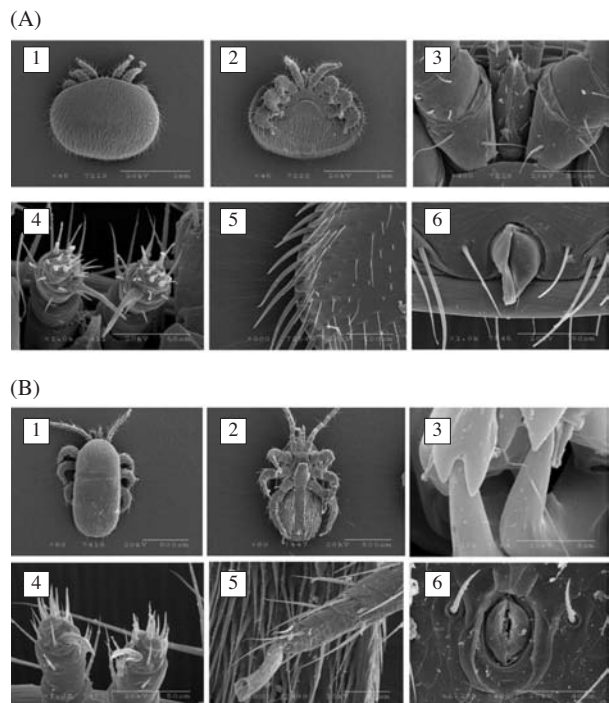


Fig. 1. Morphological analysis of (A) *Varroa destructor* (female) and (B) *Tropilaelaps clareae* (female) by SEM (scanning electron microscope). 1, dorsal view; 2, ventral view; 3, chelicerae; 4, feeler; 5, leg; and 6, Ventrianal shield.

및 먹이섭식을 도와주는 역할을 한다. 외형적 특징의 차이로 인하여 꿀벌응애(*V. destructor*)와 중국가시응애(*T. clareae*)는 생리·생태적인 특성의 차이를 보이는데, 공통적인 부분은 주기관(peritremes)이 있어서 벌 방에서 호흡이 용이한 형태를 가지고 있다. 그러나 외형적으로 가장 큰 차이점으로는 흡즙을 위한 기관의 역할을 하는 꿀벌응애(*V. destructor*)의 협각(chelicerae)은 두 쪽으로 이루어져서 상호 대칭형을 가지고 있어서 유충의 체벽을 뚫고 흡즙을 하기에 편리한 형태로 되어있으며, 이와 달리 중국가시응애(*T. clareae*)는 집게모양의 형태를 가지고 있어서 찢어서 흡즙하는 것이 아니라 체표를 뜯어서 흡즙하는 데 용이한 형태로 되어있다(Fig. 1). 또한 원반형태인 꿀벌응애(*V. destructor*)와 타원형인 중국가시응애(*T. clareae*)는 이와 같은 구조적인 차이로 인하여 꿀벌응애(*V. destructor*)는 중국가시응애(*T. clareae*)에 비하여 꿀벌 유충과 성충의 체벽에 부착이 용이하다. 따라서 이러한 외부형태적인 차이만으로도 꿀벌응애(*V. destructor*)와 중국가시응애(*T. clareae*)의 생태적 차이도 발생하게 되는데, 대표적인 사례로 일반적인 응애류 밀도조사방법인 설탕가루를 이용한 일벌체표의 꿀벌 응애류 개체 수 측정 시 꿀벌응애(*V. destructor*)의 개체 수 측정에는 용이하나 중국가시응애(*T. clareae*)의 경우 빠른 이동과 꿀벌에 대한 부착성이 약하여 정

확한 밀도 조사가 힘든 점이 있다.

본 연구에서는 꿀벌응애(*V. destructor*)와 중국가시응애(*T. clareae*)의 형태적 차이로 인한 꿀벌성체의 탈부착이 중국가시응애(*T. clareae*)의 경우에는 꿀벌응애(*V. destructor*)에 비하여 어려운 점을 감안하여 봉군내 응애류 개체 수 측정을 위하여 벌통 바닥에 끈적이는 부분이 있는 시트지(sticky boards)를 깔고 일주일마다 7월~9월까지 응애류의 개체수를 측정하고 꿀벌응애(*V. destructor*)와 중국가시응애(*T. clareae*)를 각각 분류하여 비교하였다. 꿀벌응애(*V. destructor*)와 중국가시응애(*T. clareae*)는 7월과 8월에 발생량이 많았는데, 봉군별 발생 개체 수는 차이가 있으나, 7월의 경우 시험봉군 전체에서 공통적인 양상으로 꿀벌응애(*V. destructor*)의 개체 수가 많은 경우 중국가시응애(*T. clareae*)의 개체 수가 상대적으로 적음을 알 수 있었다(Fig. 2). 특히, 꿀벌응애(*V. destructor*)와 중국가시응애(*T. clareae*) 두 종간의 개체 수 간섭 현상을 8월에 확인할 수 있었다.

꿀벌(*A. mellifera*)의 봉군에서 중국가시응애(*T. clareae*)의 개체 수가 조사 기간 평균 7마리가 관찰되었을 때 꿀벌응애(*V. destructor*)는 840마리가 관찰되는 것을 확인하였는데, 한 종의 개체 수가 일정 수준 이상 급격하게 증가 하게 되면 반대편 종의 개체 수 증가는 급격하게 감소하는 것을 확인하였다. 이는 명확하게

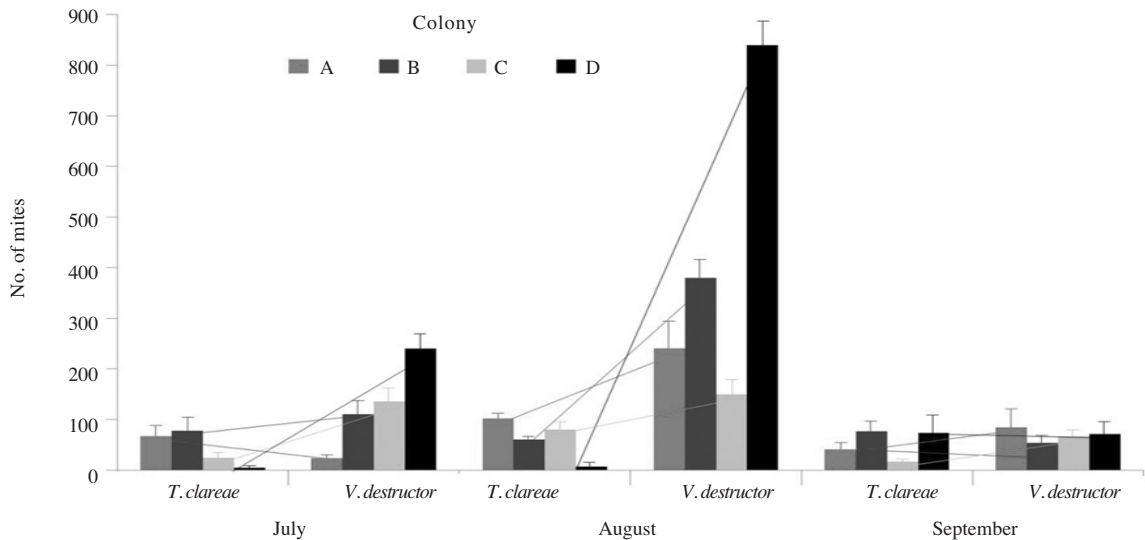


Fig. 2. Number of mites were estimated using sticky boards of colonies started from July to September. All colonies were counted *Varroa destructor* and *Tropilaelaps clareae* on sticky boards.

꿀벌(*A. mellifera*)의 봉군에서 꿀벌응애(*V. destructor*)와 중국가시응애(*T. clareae*)의 개체 수는 상호간에 간섭하는 작용을 하는 것으로 추측할 수 있다. 단, 9월의 경우, 또는 7, 8월에 상대적으로 다른 봉군에 비하여 두 종의 개체수가 현격한 차이를 보이지 않는 경우에는 두 종간에 꿀벌유충이라는 먹이원이 풍부한 환경에서 서로 간섭하는 효과가 억제된다는 것을 확인할 수 있다. 따라서 꿀벌(*A. mellifera*)의 봉군에서 꿀벌응애(*V. destructor*)와 중국가시응애(*T. clareae*)는 먹이원인 유충의 수에 따라 차이를 보일 수 있으며, 특정 시기에 극단적인 개체 수의 차이를 보일 수 있음을 나타낸다.

꿀벌응애류는 비슷한 생리·생태적 특성을 가지고 있는데, 특히 꿀벌응애(*V. destructor*)와 중국가시응애(*T. clareae*)는 유충을 먹이로 한다는 공통적인 생활 특성을 가지고 있어서 먹이원에 대한 상호 경쟁적인 관계를 형성하여 상호간 개체 수조정이 이루어질 수 있다. 이러한 특징은 외부형질의 차이로 인하여 결정되는 것으로 보이며, 중국가시응애(*T. clareae*)의 경우 수명이 꿀벌응애(*V. destructor*)와 비교하여 상대적으로 짧고 기주와 떨어져서 생존하는 시간도 짧으며, 협각의 구조 및 몸의 형태적 특성으로 인하여 성체에는 흡착하기 어려우며, 유충을 먹이원으로 한다는 점에서 꿀벌응애(*V. destructor*)와의 개체 간 경쟁에서 우위를 가지기는 힘들 것으로 보인다. 그러나 보고된 바와 같이 적은 개체 수에도 불구하고 꿀벌 유충에 미치는 피해는 더욱 심각할 가능성이 있으므로 방제에 각별한 주의를 하는 것이 중요하다. 이와 같은 결과를 토대로 꿀벌의 응애류 발생 시 약제의 사용도 종의 대발생 여부에 따라서 적절히 사용하면 응애류의 약제 내성 증가를 비롯한 생산물의 잔류문제를 극복하는데 유용하게 사용할 수 있을 것으로 기대된다. 즉, 꿀벌응애(*V. destructor*)의 경우는 벌 방 외부의 일벌 성체에 기생하는 개체의 방제 후에는 벌 방 내부에 기생하던 응애를 잡기 위한 추가적인 방제의 노력이 필요할 것으로 보이며, 중국가시응애(*T. clareae*)의 경우 외부에 기생하는 응애보다 봉개된 벌 방에서 일벌이 깨어나는 시기에 적절한 약제의 사용을 집중한다면 중국가시응애(*T. clareae*)를 효과적으로 방제할 수 있으며, 약제의 오남용으로 인한 생산물 오염을 비롯한 약제구

입 비용을 절약할 수 있을 것으로 보인다.

## 적 요

세계적으로 꿀벌봉군붕괴현상인 Colony Collapse Disorder(CCD)를 야기하는 원인으로 꿀벌응애류도 중요한 요인으로 확인되고 있다. 이러한 꿀벌응애류는 국내에서는 두 종(*V. destructor*와 *T. clareae*)이 주역하게 증식 및 확산되고 있다. 꿀벌의 두 종의 응애류간의 상호작용을 확인하기 위하여 외부형질 특성을 확인하고 비교한 결과 두 종이 가지고 있는 외형적인 차이로 인한 주요 서식장소 및 환경의 차이가 있음을 확인하고 이에 따른 7~9월 3달 동안 봉군별 꿀벌응애(*V. destructor*)와 중국가시응애(*T. clareae*)의 개체수를 측정하고 이를 비교한 결과, 바로아응애가 대발생되면 중국가시응애(*T. clareae*)는 확연하게 개체 수 증가가 억제되는 것을 확인하였으며, 이러한 경쟁적 관계는 비슷한 서식환경에서 비롯된 것으로 꿀벌응애(*V. destructor*)와 중국가시응애(*T. clareae*) 두 종에 대한 봉군 피해를 예방하기 위해서는 두 종의 방제 시 외부기생성이 뛰어난 꿀벌응애(*V. destructor*)를 방제하는 시기와 중국가시응애(*T. clareae*)를 방제하기 위한 약제의 사용시기 및 방법의 조절에 따른 방제의 효율성을 높일 수 있는 결과를 제시하였다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 기관고유과제(No.PJ008601)의 연구비지원을 받아 도출된 성과입니다.

## 인용문헌

- 최용수, 이명렬, 이만영, 이광길. 2008. 국내 꿀벌에서의 바이러스진단 및 질병발생 현황 조사. 한국양봉학회지. 23(2): 153-159.
- Anderson, D.L. and A.J. Gibbs. 1988. Inapparent virus infections and their interactions in pupae of the honey bee (*Apis mellifera* L.) in Australia. J. Gen. Virol. 69: 1617-1625.

- Anderson, D.L., Morgan, M.J. 2007. Genetic and morphological variation of bee-parasitic *Tropilaelaps* mites (Acari: Laelapidae): new and re-defined species. *Exp. Appl. Acarol.* 43: 1-24.
- Beetsma, J., de Vries, R., Emami Y.B., Emami T.M. and Bandpay, V. 1989. Effects of *Varroa jacobsoni* Oud. on colony development, workerbee weight and longevity and brood mortality. In: Cavalloro R. (Ed.), Present Status of *Varroa* Mite Control: Proceedings of a Meeting of the EC Expert's Group. Udine, Italy, 28.30 November 1988, Commission of the European Communities, Luxembourg, pp. 163.170.
- Burgett, M., Akwatanakul P., and Morse RA. 1983. *Tropilaelaps clareae*: a parasite of honeybees in south-east Asia. *Bee World* 64: 25-28.
- Burgett, D.M, Rossignol PA, Kiprasert C. 1990. A model of dispersion and regulation of brood mite (*Tropilaelaps clareae*) parasitism on the giant honeybee (*Apis dorsata*). *Can J. Zool.* 68: 1423-1427.
- Dall, D.J. 1985. Inapparent infection of honey bee pupae by Kashmir and sacbrood bee viruses in Australia. *Ann. Appl. Biol.* 106: 461-468.
- Dandeu, J.P., Lux, M., Colin M.E., Rabillon, J. and David, B. 1991. Etude immuno-chimique de l'hecolympe d'abeille ouvrière adulte (*Apis mellifera* L.) saine ou infestée par *Varroa jacobsoni* Oud. *Apidologie* 22: 37-42.
- Delfinado, M.D., Baker E.W. 1961. *Tropilaelaps*, a new species of mite from the Philippines (Laelaptidae [s.lat]: Acarina). *Fieldiana Zool.* 44: 53-56.
- Delfinado, B.M, Baker E.W. 1982. A new species of *Tropilaelaps* parasitic on honey bees. *Am. Bee J.* 122: 416-417.
- Delfinado, B.M, Baker, E.W, Phoon, ACG. 1985. Mites (Acari) associated with bees (Apidae) in Asia, with description of a new species. *Am. Bee J.* 129: 609-613.
- Diana, L., Cox F., Sean, C., Edward, C., Holmes, Gustavo P., Jay D.E., Nancy A.M., Phenix, L.Q., Thomas, B., Mady, H., David, M.G., Vince, M., Dennis, vE., Abby, L.K., Andrew, D., Jeffrey, H., Junhui, Z., Liwang, C., Stephen, K.H., Jan, F.S., Michael, E., Jeffery, S.P., W. Ian Lipkin. 2007. A Metagenomic Survey of Microbes in Honey Bee Colony Collapse Disorder. *Science.* 318: 283-287.
- Diana, S., Uri G., and Glen, N. 2000. Parasitic mites of honey bees: Life History, Implications, and Impact. *Annu. Rev. Entomol.* 45: 519-548.
- Garedeu, A., Schmolz, E. and Lamprecht, I. 2004. The energy and nutritional demand of the parasitic life of the mite *Varroa destructor*. *Apidologie* 35: 419-430.
- Koeniger, G, Koeniger, N., Anderson, D.L., Lekprayoon C., Tingek S. 2002. Mites from debris and sealed brood cells of *Apis dorsata* colonies in Sabah (Borneo) Malaysia, including a new haplotype of *Varroa jacobsoni*. *Apidologie* 33: 15-24.
- Laigo, F.M., Morse, RA. 1968. The mite *Tropilaelaps clareae* in *Apis dorsata* colonies in the Philippines. *Bee World* 49: 116-118.
- Shimanuki, H., N.W. Calderone and D.A. Knox. 1994. Parasitic mite syndrome: the symptoms. *Am. Bee J.* 134: 827-828.
- Shimanuki, H. and Knox, D.A. 1997. Bee health and international trade. *Rev. Sci. Tech. Apr;* 16(1): 172-6.
- Warisa, T., Patchara, V., Siriporn, S., Sirawut, K., Chariya, L. 2003. Genetic differences between *Tropilaelaps clareae* and *Tropilaelaps koenigerum* in Thailand based on ITS and RAPD analyses. *Apidologie* 34: 514-524.