

국내 미기록 곤충기생성 응애, *Pyemotes moseri* Yu et Liang (Acarina: Pyemotidae)의 생식 및 기생 능력

김세진¹ · 이종호¹ · 양창열² · 강택준² · 조명래³ · 홍기정^{4*}

서울대학교 농생명공학부, ¹농림축산검역본부 호남지역본부, ²농촌진흥청 국립원예특작과학원, ³농촌진흥청 기술협력국, ⁴순천대학교 식물의학과

Reproduction and Parasitization Capacity of an Insect Parasitic Mite, *Pyemotes moseri* Yu et Liang (Acarina: Pyemotidae) New to Korea

Se-Jin Kim, Jong Ho Lee¹, Chang Yeol Yang², Taek-Jun Kang², Myoung Rae Cho³ and Ki-Jeong Hong^{4*}

Department of Agricultural Biotechnology, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

¹Honam Regional Branch, Animal and Plant Quarantine Agency (QIA), MIFAFF, Kunsan 54088, Korea

²National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration (RDA), Jeonju 54875, Korea

³Technology Cooperation Bureau, Rural Development Administration, Jeonju 54875, Korea

⁴Department of Plant Medicine, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

ABSTRACT: An insect parasitic mite was found on a larva from Japanese apricot seed. The mite was identified as *Pyemotes moseri* Yu et Liang (Acarina: Pyemotidae) new to Korea. The host larva was identified as *Eurytoma maslovskii* using mitochondrial DNA sequencing analysis. We conducted preliminary study on its reproduction and parasitization capacity in laboratory condition. A mated female mite reared on *Eurytoma maslovskii* larva. We counted and sexed newborn progenies and then eliminated them during periodical observations. To test parasitization capacity, a PCR tube containing mass reared *P. moseri* and Japanese apricot seeds (assumed bear larva of *E. maslovskii*) placed in a stainless bath filled with potting soil. One month later, we surveyed the seeds whether the *E. maslovskii* larva parasitized by mite or not. We repeated this experiment three times with five replications each. Average life span (days from parasitization to the end of reproduction) of gravid females was 24.4 days (n=8). A gravid female reproduced 104.0 female progenies (n=8). Although there were more than seven Japanese apricot seeds per bath containing larva or pupa, we found parasitization only in two seeds.

Key words: Natural enemy, *Eurytoma maslovskii*, Japanese apricot, *Pyemotes moseri*, ovoviviparity

초록: 국내 미기록종 *Pyemotes moseri* Yu et Liang (Acarina: Pyemotidae)는 곤충기생성 응애로 매실 씨앗 속 유충에서 처음 발견되었다. 발견 당시 응애가 기생하고 있었던 기주의 미토콘드리아 유전자를 증폭하여 염기서열을 분석한 결과 복숭아씨살이좀벌의 유충으로 밝혀졌다. 본 연구는 실험실 조건하에서 *P. moseri*의 번식과 기생 능력을 조사하였다. 복숭아씨살이좀벌의 유충을 기주로 이용하여 *P. moseri*의 교미한 암컷 성충을 사육하면서 주기적으로 관찰하여 새로 태어나는 자손의 수와 성별을 조사한 후 제거하였다. 기생 능력 조사는 원예용 상토가 깔린 스테인레스 바트에 대량 사육한 응애가 들어 있는 튜브와 복숭아씨살이좀벌 유충이 가해한 매실 씨앗을 함께 담은 후 지퍼백에 넣어 인큐베이터에 보관하였다. 복숭아씨살이좀벌 유충 또는 번데기에 응애의 기생 여부를 확인하고자 한달 후 매실 씨앗을 조사하였으며 본 실험은 5반복씩 3회 실시하였다. 교미한 암컷이 기생하기 시작한 이후부터 생식이 끝날 때까지의 기간은 평균 24.4일(n=8)이었으며 교미한 암컷 한 마리당 평균 104.0마리(n=8)의 암컷을 낳았다. 복숭아씨살이좀벌의 유충 또는 번데기가 들어 있는 매실 씨앗은 바트당 평균 7개 이상이었고 이중 단 2개의 씨앗에서만 기생에 성공한 응애를 관찰하였다.

검색어: 천적, 복숭아씨살이좀벌, 매실, 씨살이좀벌주머니응애, 난태생

*Corresponding author: curcul@sunchon.ac.kr

Received October 13 2015; Revised November 2 2015

Accepted November 4 2015

최근 건강에 대한 관심이 증가하면서 매실의 재배 면적, 생산량, 소비가 증가하고 있다(MIFAFF, 2012). 2010년부터 국

내 매실 주산지 중 한 곳인 전라남도 지역의 매실 과원에서 수확을 앞둔 매실이 부패하면서 낙과하였고, 2013년에는 대부분의 과실이 낙과하는 심각한 피해가 발생하였다. 농가에서 이러한 현상은 영양소 불균형, 병해, 혹은 일소 피해라 여겼으나 낙과된 매실의 핵 속에서 벌목(Hymenoptera) 씨살이좀벌과(Eurytomidae)에 속하는 복숭아씨살이좀벌(*Eurytoma maslovskii* Nikolskaya, 1939)의 유충이 씨앗을 가해하고 있는 것이 확인되었으며(Lee et al., 2014) 2013년 전라남도에 34개의 매실 과원에서 낙과한 매실을 조사한 결과 69.8%의 낙과에서 복숭아씨살이좀벌 유충이 발견되었다(Choi, D.S., personal communication). 매실 농가의 피해가 심각해짐에 따라 농촌진흥청 국립원예특작과학원에서는 복숭아씨살이좀벌의 방제를 위한 기본적인 생태 조사 및 방제기술 개발에 관한 연구를 시작하였다. 2013년 12월부터 주기적으로 낙과한 매실을 수거하여 월동 유충의 용화 여부를 조사하였으며, 이 과정에서 물집응애과(Pyemotidae)에 속하는 기생성 응애, *Pyemotes* sp. (Acarina: Pymotidae)를 발견하였다.

지금까지 연구된 *Pyemotes*속의 속하는 종들의 기주는 딱정벌레목(Vaivanijskul and Haramoto, 1969; Cross and Moser, 1971; Moser et al., 1971; Khaustov, 1998; Cakmak et al., 2006; Akşit et al., 2007; Oliveira et al., 2010), Eurytoma속을 포함한 벌목(Doğanlar et al., 2006; Menezes et al., 2009; Vickruck et al., 2010; Vijayakumar and Jayaraj, 2013), 매미목(Tena-Barreda and Garcia-Mari, 2006), 그리고 노린재목(Tena et al., 2008)으로, 이들 곤충의 알이나 약충 또는 유충에 외부 기생하는 것으로 알려져 있다. 이와 같이 *Pyemotes*속의 종들은 다양한 기주의 여러 발육 단계에 기생할 수 있으면서 뛰어난 번식 능력을 인정받아 천적으로써의 가능성이 연구된 바 있다(Bruce and LeCato, 1980).

최근 국내 매실 농가에 큰 피해를 주고 있는 복숭아씨살이좀벌과 같은 속에 속하며, 아몬드를 가해하는 *E. amygdali* 방제를 위해 2종류의 접촉독성 약제를 이용한 방제 효과가 연구되었으나(Duval and Millan, 2010) 아직 국내에는 복숭아씨살이좀벌 방제를 위해 등록된 약제가 없고, 장아찌, 효소, 술 등 매실을 섭취하는 방법의 특성상 재배 과정에서 살충제를 사용하지 않거나 사용을 줄이려는 농가가 늘고 있다. 또한 산란 이후에는 매실 씨앗 속에 있는 알이나 유충에 대한 화학적 방제가 어려우며, 피해를 받아 낙과한 매실을 모두 수거하여 폐기하리란 현실적으로 힘들다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서 새로 기록하는 기생성 응애를 복숭아씨살이좀벌 유충의 천적으로 활용하는 방안도 고려해 볼 수 있다. 하지만 지금까지 *Pyemotes*속의 속하는 종들에 대한 연구가 거의 없고 *P. moseri*의 경우 신

종 보고를 제외한 연구가 이루어진 것이 전혀 없다. 따라서, 본 연구에서는 종 동정 후 *P. moseri*의 생식 능력을 조사하고, 천적으로써의 활용가능성에 대한 사전연구로 실험실 조건하에서 매실 씨앗 속에 들어 있는 복숭아씨살이좀벌 유충에 대한 기생 능력을 조사하고자 한다.

재료 및 방법

응애의 채집 및 사육

복숭아씨살이좀벌의 월동생태, 용화시기, 성충 우화시기 예측 등의 연구를 위해 경기도 수원시에 위치한 옛 농촌진흥청 부지(37.276N, 126.982E)에서 2013년 12월부터 2014년 3월까지 3차례에 걸쳐 총 213개의 매실 씨앗을 수집하여 조사하던 중 한 개의 씨앗 안에서 노란색 구체가 발견되었으며(Fig. 1) 이를 현미경으로 관찰한 결과 주머니응애 일종인 것으로 확인되었다. 이 중 일부는 형태적인 종 동정을 위해 70% 에탄올에 보관하였고 나머지는 새로운 복숭아씨살이좀벌 유충과 함께 1.5 ml PCR 튜브로 옮겨주었다. 개체군 증식을 위하여 기존에 응애가

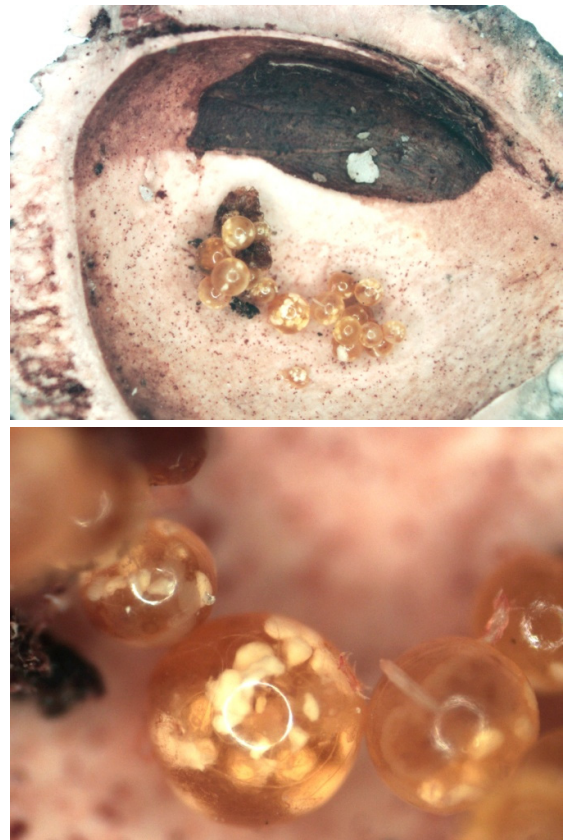


Fig. 1. Insect parasitic mite found in Japanese apricot seed.

사육되고 있는 튜브에 새로운 복숭아씨살이좀벌 유충을 넣고 2~3일 후 새로 태어난 암컷 응애가 복숭아씨살이좀벌의 유충에 정착하면 새 튜브로 옮겨주었다.

응애의 동정 및 형태적인 특징

응애의 외부형태적인 특징 관찰을 위해 Hoyer medium을 이용하여 슬라이드 표본으로 제작하였으며, 표본화된 응애는 광학현미경(ZEISS Axio Imager M2 + Axiovision Rel. 4.8)을 이용하여 관찰하고 사진을 촬영하였다. Lindquist (1986)와 Yu and Liang (1996)의 기술에 따라 분류, 동정하였으며 길이 측정 단위는 마이크로미터(μm)이다.

응애의 기주 확인

응애의 기주로 추정되는 잔존물은 검게 변하고 심하게 쪼그러진 상태로 형태적인 종 동정은 불가능하였으나 유충의 큰 턱이 관찰되어 응애의 기주를 복숭아씨살이좀벌 유충으로 추정되었다. 그러나 조사한 씨앗의 약 20%에서 *Anatrachyntis* sp.를 포함한 2~3 종류의 나방류 애벌레도 발견되었기에(Kim, S. J., personal communication) 복숭아씨살이좀벌의 유충이 응애의 기주임을 확인하고자 응애가 붙어 있던 잔존물과 3마리의 복숭아씨살이좀벌 유충의 미토콘드리아 유전자 염기서열을 분석하였다. 준비된 시료는 RED Extract-N-Amp Tissue PCR Kit (#090M6175, Sigma-Aldrich)를 이용하여 genomic DNA (gDNA)를 추출하였다. 사용한 프라이머는 5'-GGATCACCTGATATAGCATTC-3'과 5'-GGATCACCTGATATAGCATTC-3' (Simon et al., 1994)이며 PCR 반응은 총 50 μl 의 반응액(4 μl gDNA, 2 mM MgCl₂, 0.2 mM dNTP, 0.2 μM primer, 1 \times PCR buffer)에 *Taq* 중합효소(0.5 unit, Bioneer, Korea)를 첨가하여 처음 2분간 94°C에서 denaturation 한 후 35회 denaturation (94°C, 1 min) - annealing (55°C, 30 sec) - extension(72°C, 30 sec) 과정을 거치고, 72°C에서 10분간 추가 extension을 실시하였다. PCR 산물은 2% agarose gel에서 전기영동 하여 증폭 성공 유무를 확인한 후 Qiaquick PCR Purification Kit (Qiagen, USA)을 이용하여 정제한 후 (주)바이오니아(Daejeon, Korea)에 시퀀싱을 의뢰하였다. 시퀀싱 결과물은 MEGA 6 (Tamura, 2013) 프로그램을 이용하여 정리하고 비교하였다.

생식 능력

*Pyemotes*속에 속하는 응애는 난태생으로 난소 안에서 알이

부화하여 어미의 팽창된 복부 안에서 성적으로 성숙한 상태로 자란 후 어미의 몸으로부터 빠져 나온다. 암컷 응애는 출생 직후 생식공에서 대기중인 수컷과 교미한 후 어미가 기생하고 있는 기주에 정착하거나, 또는 새로운 기주를 찾아 정착하여 기주의 체액을 흡즙하며 성장하게 된다(Vaivanijkul and Haramoto, 1969). 따라서 응애의 기생 성공 여부는 복부의 팽창을 관찰함으로써 확인이 가능하다(Oh et al., 1985). 하지만 몸의 크기가 크고 활동적인 기주에는 기생에 성공하지 못하는데(Moser et al., 1971), 본 연구에서도 개별적으로 1~4마리의 새로 태어난 암컷을 건전한 복숭아씨살이좀벌 유충 한 마리에 접종하였으나 몸부림치는 유충의 주름 사이에 끼거나 사육용기 벽과 유충 몸 사이에 짓눌려 접종에 성공하지 못하는 경우가 있었다(Kim, S. J., personal communication). 이에 따라 생식중인 암컷이 많이 있는 PCR 튜브에 복숭아씨살이좀벌 유충을 넣어 많은 수의 새로 태어난 암컷이 공격하도록 한 후 하루 뒤 꺼내 복부가 약간 팽창해 있는 응애 2~3개체를 제외하고 나머지 응애는 붓을 이용해 제거하였다. 응애가 기생에 성공한 복숭아씨살이좀벌 유충은 한 마리씩 폭 8~10 mm, 길이 15~20 mm로 자른 끈끈이 트랩(150 \times 250 mm, Yellow, Greenagrotech, Korea)에 붙인 후 플라스틱 큐벳(가로 \times 세로 \times 높이; 12.5 \times 12.5 \times 45 mm, ratiolab[®], German)에 넣고 솜으로 입구를 막은 후 25°C, 광주기 14L:10D로 설정된 인큐베이터(DS-15MPL, Dasol Scientific Co., Korea)에 보관하였다(n = 20). 접종 3일 후 응애의 복부가 상당히 팽창해지면 관찰이 용이한 한 마리의 응애를 제외한 나머지는 모두 제거하였다. 생식 초반에는 2~3일 간격, 생식 후반에는 매일 관찰하면서 새로 태어나는 응애의 개체수와 성별을 조사한 후 붓과 핀셋을 이용하여 제거하였다. 수명이 다한 응애는 체색이 노란색에서 갈색이나 검은색으로 변하고 몸이 쪼그러지거나 터지는 것으로 확인이 가능하지만 정확히 죽은 시기를 결정하는 단서로는 충분하지 않았다. 또한 생식 후반으로 가면서 응애의 복부가 끈적해져 다리를 포함한 나머지 부속지가 복부에 붙어 움직임 여부를 통한 응애의 죽음을 판단하기가 어려웠다. 더욱이 *P. dryas* (Vitzthum) 종에서는 어미가 죽은 후에도 자손이 태어난다는 보고가 있어(Moser et al., 1978) 본 연구에서는 암컷 응애의 수명을 접종 시점부터(출생 후 최대 48시간 후; Oh et al., 1985) 더 이상 자손을 낳지 않는 시점까지로 정하였다.

매실 씨앗 속의 복숭아씨살이좀벌 유충에 대한 기생 능력

땅에 떨어져 있는 매실 씨앗 속에서 본 연구에 사용된 응애를 처음 발견하였고 매실 씨앗 속에는 한 마리의 성숙한 복숭아씨살이좀벌 유충만이 존재하므로(Lee et al., 2014) 새로운 기

주를 찾으려는 응애는 토양 위로 이동하면서 기주를 찾을 것으로 추정하고 실험을 진행하였다. 원예용 상토(Seoul Bio Corp., Korea)를 고온고압으로 멸균한 후 6개의 스테인레스 바트(가로 × 세로 × 높이; 53 × 33 × 6 cm)에 깔고 구멍이 뚫려 있지 않고 딱딱한 매실 씨앗(1차 15개; 2, 3차 20개)을 고르게 배치하였다. 이 중 한 개의 바트는 무처리구로 응애를 접종하지 않았고 5개의 바트에는 대량 증식한 응애가 들어 있는 PCR 튜브 1개씩을 바트의 가운데에 두었다. 응애의 유입과 유출을 막기 위해 바트를 비닐 지퍼백에 각각 넣은 후 밀봉하여 25°C, 광주기 14L:10D로 설정된 인큐베이터(DS-15MPL, Dasol Scientific Co., Korea)에 보관하였다. 한 달 후 지퍼백 내부, 토양, 매실 씨앗을 70% 에탄올로 소독한 후 씨앗을 쪼개어 응애의 기생 여부를 조사하였다.

결과 및 고찰

종 동정 및 형태적 특징

종 동정결과 및 형태적 특징은 다음과 같다.

Family Pyemotidae Oudemans, 1937 (물집응애과)

Pyemotes Amerling, 1862

***Pyemotes moseri* Yu et Liang, 1996 (씨살이좀벌주머니응애: 신칭)**

Pyemotes moseri Yu and Liang, 1996, Sys. Appl. Acarol. 1: 167-171 (TL: Hebei, Chana, TH: *Cryphalus* sp. (Coleoptera: Scolytidae))

형태적 특징. 수컷의 앞몸마디등판(prodosum)의 어깨센털 *sc1*이 길어서 앞몸마디등판의 뒤쪽 가장자리 근처까지 뻗어 있다. 배마디 첫번째 등판의 센털 *c1*과 *c2*의 굵기는 거의 비슷하거나 *c2*가 다소 굵지만 *c1*보다 월등히 굵지는 않다. IV다리 중 아리마디의 감각가시(solenidion)가 발목마디의 발톱 넘어 길게 뻗어 있다.

암컷(측정치 n = 5). 몸은 황색으로 길이(body length)는 282 (275-286) μm , 폭(body width)은 97 (95-101) μm 인 길쭉한 타원형이며(Fig. 2a-b), 알과 미성숙한 응애를 품은 암컷(gravid female)은 배마디가 풍선처럼 부풀어 오른 모양이다(Fig 2c). 턱마디(gnathosoma)는 길이 40 (35-43) μm , 폭 39 (35-42) μm 인 둥그스름한 모양이다. 앞몸마디(propodosoma)는 사각형에 가깝고 4쌍의 센털(setae)을 가지며, 어깨의 센털 *sc1*은 커다란 곧봉상이며, *sc2* 센털이 가장 길고, *v1* 센털은 *v2* 센털보다 길다. 몸뚱이판체(hysterosoma)는 4개의 마디로 이루어져 있으며, 첫번째 등판(C plate)에 있는 2쌍의 센털 중 *c2* 센털이 *c1* 센털보다 길고, 두번째 등판(D plate)에는 1쌍의 센털(*d* 센털)이 있다. 세번째 등판(EF plate)에는 2쌍의 센털(*e, f* 센털)이 있으며 *e* 센털은 *f* 센털 길이의 1/4 정도이며, 네번째 등판(H plate)의 센털 *h2*는 *h1* 센털보다 2배 정도 길다. 몸통마디(idiosoma) 등면 센털의 길이는 각각 *v1* 16 (14-17) μm , *v2* 13 (12-14) μm , *sc1* 21 (20-21) μm , *sc2* 79 (73-85) μm , *c1* 25 (22-28) μm , *c2* 32 (30-36) μm , *d* 28 (27-30) μm , *e* 10 (0-13) μm , *f* 46 (43-48) μm , *h1* 22 (20-25) μm , *h2* 10 (9-11) μm 이다. 배쪽 부위(venter)의 다리마디 속돌기(apodeme)는 뚜렷하며, II다리 밑마디의 센털 *2b*는 센털 *2a* 길이의 2/3이며, III다리 밑마디에 있는 3쌍의 센털 중 *3c* 센털이 가장 길며, *3a* 센털은 *3b* 센털보다 다소 길며, 배쪽

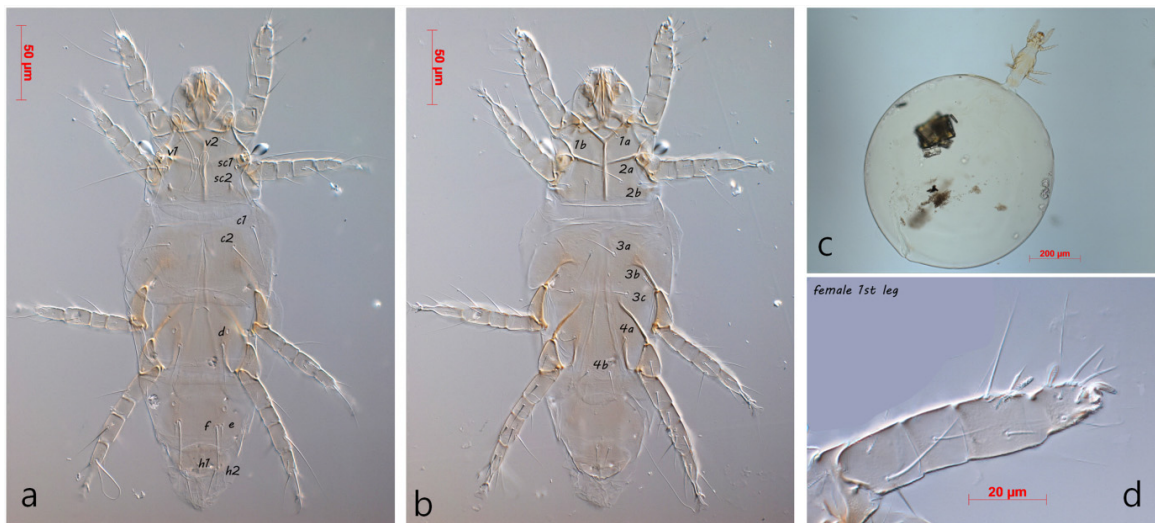


Fig. 2. *Pyemotes moseri* female, dorsal view (a); ventral view (b); gravid female (c), and 1st leg (d).

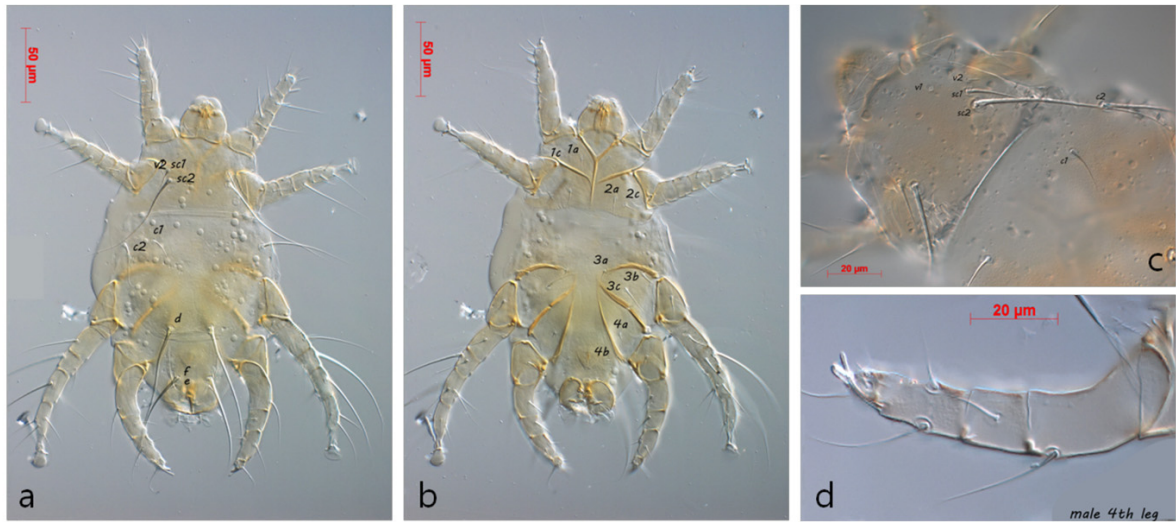


Fig. 3. *Pyemotes moseri* male, dorsal view (a); ventral view (b), prodorsal shield (c), and 4th leg (d).

부위 각 센털의 길이는 1a 21 (18-26) μm, 1b 15 (13-19) μm, 2a 30 (28-33) μm, 2b 20 (18-22) μm, 3a 25 (24-28) μm, 3b 22 (20-25) μm, 3c 33 (31-35) μm, 4a 19 (18-20) μm, 4b 17 (16-18) μm이다. I다리는 나머지 다리에 비해 다소 뚱뚱하고 발목마디 끝 발톱은 굽은 매발톱 모양이며(Fig. 2d), II, III, IV다리의 발목마디 끝에 1쌍의 작은 발톱과 긴 발톱밑발침(empodium)이 있다. I다리의 발목마디에 1개, 종아리마디에 2개, II다리 발목마디와 종아리마디에 각 1개, III각 발목마디에 1개의 감각가시(solenidium)가 각각 돌아 있으며, I다리 발목마디의 감각가시가 가장 굽고, I다리 종아리마디의 두 번째 감각가시가 가장 길고, 각 다리 길이(도래마디에서부터 발톱을 제외한 발목마디 끝까지 길이)와 감각가시의 길이는 I다리 70 (69-71) μm, II다리 72 (72-73) μm, III다리 83 (81-85) μm, IV다리 92 (91-93) μm, I다리 발목마디 감각가시 7 (6-7) μm, I다리 종아리마디 감각가시 4 (3-4) μm, 10 (9-10) μm, II다리 발목마디 감각가시 4 (4-5) μm, II다리 종아리마디 감각가시 3 (3-4) μm이다.

수컷(측정치 n = 5). 몸은 황색이며 길이(body length)는 212 (192-229) μm, 폭(body width)은 116 (96-126) μm로 암컷보다 다소 작고 짧은 모습이다(Fig. 3a-b). 턱마디(gnathosoma)의 길이는 25 (18-29) μm, 폭은 31 (28-33) μm이다. 앞몸마디(propodosoma)(Fig. 3c)는 거의 사다리꼴이며, 4쌍의 센털은 가로 방향으로 나란하게 열 지어 있지 않으며, 이중 v1 센털은 흔적만 남아 있으며, sc1 센털의 끝이 앞몸마디의 뒤쪽 가장자리까지 닿거나 약간 넘는 정도이다(Fig. 3c). 몸뒷반체(hysterosoma)는 3개의 등판으로 이루어져 있으며, 첫 번째 등판(CD plate)에 있는 3쌍의 센털(c1, c2, d 센털) 중 d 센털이 가장 길고, c1 센털 길이는 c2 센털 길이의 약 1/2 정도이다. 두 번째 등판(EF plate)에는 2쌍

의 센털(e, f 센털), 세 번째 등판(H plate)에 1쌍의 센털이 있다. 몸통마디(idiosoma) 등면 센털의 길이는 각각 v2 6 (5-6) μm, sc1 23 (20-25) μm, sc2 93 (80-100) μm, c1 20 (12-25) μm, c2 55 (25-85) μm, d 90 (70-105) μm, e 9 (5-12) μm, f 72 (60-83) μm이다. 배쪽 부위(venter)의 다리밑마디 속들기(apodeme)는 뚜렷하며, 각 센털의 길이는 1a 13 (10-15) μm, 1c 9 (7-11) μm, 2a 18 (14-21) μm, 2b 12 (8-15) μm, 3a 8 (7-10) μm, 3b 14 (7-20) μm, 3c 31 (21-40) μm, 4a 7 (6-8) μm, 4b 6 (5-8) μm이다. I다리의 발목마디 끝에는 1개의 발톱이 있으며, II, III다리의 발목마디 끝에는 1쌍의 작은 발톱과 긴 발톱밑발침(empodium)이 있고, IV다리의 발톱은 굽은 손가락 모양이다(Fig. 3d). I다리 발목마디에 1개, 종아리마디에 1개, II다리 발목마디에 1개, IV다리 종아리마디에 1개의 감각가시(solenidium)가 각각 돌아 있는데, I다리 발목마디의 감각가시가 가장 굽으며, IV다리 종아리마디의 감각가시가 발톱 끝을 넘어 길게 뻗어 있다. 각 다리 길이(도래마디에서부터 발톱을 제외한 발목마디 끝까지 길이)와 감각가시의 길이는 I다리 61 (58-67) μm, II다리 70 (66-73) μm, III다리 100 (96-105) μm, IV다리 80 (79-84) μm, I다리 발목마디 감각가시 7 (7-8) μm, I다리 종아리마디 감각가시 4 (4-5) μm, II다리 발목마디 감각가시 7 (7-8) μm, IV다리 종아리마디 감각가시 16 (15-16) μm이다.

관찰재료 6 ♀♀ (gravid female) (Coll.# 20140310-1), GG Suwon, RDA, 10. iii. 2014, SJ Kim, 복숭아씨살이좀벌(*Eurytoma maslovskii* Nikolskaya) 유충에서 채집; 15 ♀♀, 8 ♀♀ (gravid female), 12 ♂♂ (Coll.# 20140822-1), GG Suwon, NIHHS, RDA, 22. viii. 2014, SJ Kim, 복숭아씨살이좀벌(*Eurytoma maslovskii*

Nikolskaya) 유충에서 사육.

이 종은 중국 하북성(Hebei)의 히코리나무(Hickory)에 기생하는 나무좀아과(Scolytinae) 일종인 *Cryphalus* sp.에서 발견되었고, 근연종인 *P. beckeri* Krezal 와 달리 수컷의 앞몸마디등판 센털 *sc1*이 길어 앞몸마디등판의 뒤쪽 가장자리 근처까지 뻗으며, IV다리 종아리마디의 감각가시가 발목마디 끝의 발톱을 넘어서 길게 뻗어 있는 차이로 인해 신종으로 기재되었다(Yu and Liang, 1996). 또한 이 종은 국내에서 권연벌레(*Lasioderma serricorne* Fabricius) 유충에서 보고된 바 있는 켈련벌레살이주머니응애(*P. tritici* LaGreze-Fossot & Montagne) (Choi, 1981; Oh et al., 1985)와 다음과 같은 수컷의 형태적 차이를 보인다. 켈련벌레살이주머니응애 수컷의 몸뚱이(hysterosoma) 등면 센털 *c2*는 나머지 등면 센털 *d*, *e*와 같이 굵은데 비해(Cross and Moser, 1975; Cross et al., 1981), *P. moseri*의 등면 센털 *c2*는 굵지 않으며, 길이와 굵기가 *c1* 센털과 거의 비슷하거나 *c1* 센털보다 다소 굵은 형태적 특징이 있다. 아울러 한국동물명집(KSSZ, 1997)에는 *Pyemotes*속에서 사람의 피부에 물집을 일으키는 물집응애(*P. ventricosus* Newport, 1850)가 기록되어 있으나 해당 종에 대한 국내에서의 분류학적인 근거 기록을 확인할 수 없어 국내 분포 *Pyemotes*속 기록 종에 대한 추가적인 연구가

필요할 것으로 판단된다.

응애의 기주 확인

복숭아씨살이좀벌 유충의 염기서열을 분석한 결과 433 bp가 증폭되었으며 3마리 유충의 염기서열 중 1마리의 염기서열이 다른 2마리의 염기서열과 1곳의 단일 염기서열 변이를 보였다. 씨살이좀벌주머니응애가 기생하고 있던 것으로 추정되는 기주의 염기서열은 복숭아씨살이좀벌 유충의 염기서열과 동일하여 (Fig. 4) 발견 당시의 기주가 복숭아씨살이좀벌의 유충이었음이 확인되었다.

생식 능력

암컷 응애의 수명은 평균(\pm SD) 24.4 (\pm 2.7, $n = 8$)일로 생식 전 기간이 7.9 (\pm 1.46, $n = 13$)일, 생식 기간이 17.0 (\pm 2.7, $n = 8$)일이었으며, 암컷 한 마리당 104.0 (\pm 16.8, $n = 8$) 마리의 암컷 응애를 낳았고 생식 시작 후 5~7일 사이에 가장 많은 자손을 낳는 것으로 나타났다(Fig. 5). 수컷은 생식 시작 후 4일 이내에 대부분 태어났으며 암컷 한 마리당 평균 5.9 (\pm 1.6, $n = 12$)마리의 수컷이 태어났다. 한편, 권연벌레에 기생하는 켈련벌레살이주

Eurytoma_maslovskii_larva	TCGAATAAATAATATAAGTTTTTGATTATTAATTCCTAGATTAATATTATTAATTTCAAG	60
Host_of_Pyemotes_moseri	TCGAATAAATAATATAAGTTTTTGATTATTAATTCCTAGATTAATATTATTAATTTCAAG	60

Eurytoma_maslovskii_larva	AATATTTATTGGTAGAGGAACAGGTACTGGATGAACGTGTTTATCCACCTTTATCAGGAAA	120
Host_of_Pyemotes_moseri	AATATTTATTGGTAGTGAACAGGTACTGGATGAACGTGTTTATCCACCTTTATCAGGAAA	120

Eurytoma_maslovskii_larva	TTTATCTCATGGAGGTCTTCAGTTGATTTGTCAATTTTTCTTTACATGTAGCGGGAGT	180
Host_of_Pyemotes_moseri	TTTATCTCATGGAGGTCTTCAGTTGATTTGTCAATTTTTCTTTACATGTAGCGGGAGT	180

Eurytoma_maslovskii_larva	AAGTTCAATTATAGGTTCAATTAATTTTATTCTACTATTATAAAATATAAAAAATTTATAA	240
Host_of_Pyemotes_moseri	AAGTTCAATTATAGGTTCAATTAATTTTATTCTACTATTATAAAATATAAAAAATTTATAA	240

Eurytoma_maslovskii_larva	AATTGAATTAATTCCTTTATTTGCTTGAGCAATATTATTAACGCAATTTTATTATTATT	300
Host_of_Pyemotes_moseri	AATTGAATTAATTCCTTTATTTGCTTGAGCAATATTATTAACGCAATTTTATTATTATT	300

Eurytoma_maslovskii_larva	ATCTTTACCTGTATTAGCAGGTGCAATTAATTAATTTTATTTGATCGAAATTTAAATAC	360
Host_of_Pyemotes_moseri	ATCTTTACCTGTATTAGCAGGTGCAATTAATTAATTTTATTTGATCGAAATTTAAATAC	360

Eurytoma_maslovskii_larva	TTCTTTTTTGTGCTGCTGGGGAGGAGATCCTATCTTATATCAACATTTTATTGATT	420
Host_of_Pyemotes_moseri	TTCTTTTTTGTGCTGCTGGGGAGGAGATCCTATCTTATATCAACATTTTATTGATT	420

Eurytoma_maslovskii_larva	TTTTGGTCATCCA	433
Host_of_Pyemotes_moseri	TTTTGGTCATCCA	433

Fig. 4. Partial mitochondrial COI gene sequences of *Eurytoma maslovskii* larva and the debris of host parasitized with *Pyemotes moseri*.

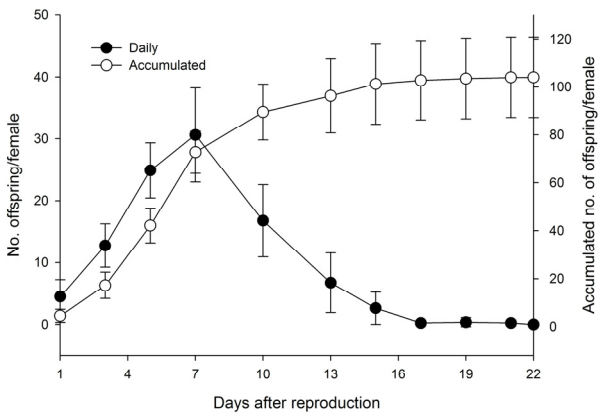


Fig. 5. Mean number of female offspring produced daily (●) and accumulated number of offspring (○) by a gravid female of *Pyemotes moseri* on the larva of *Eurytoma masloviskii*. All observations based on eight gravid females and vertical bars mean standard deviations.

머니응애의 생식 전 기간은 9.5일, 생식 기간은 10.3일, 수컷을 포함한 암컷 한 마리당 태어나는 자손의 수는 56.6마리(Oh et al., 1985)로, 씨살이좀벌주머니응애는 권연벌레살이주머니응애보다 생식 전 기간은 짧지만 생식 기간은 길었으며, 태어나는 자손의 수도 많았다. 그러나 Oh et al. (1985)과 동일한 응애와 기주를 사용한 Bruce (1989)의 연구에서는 암컷 한 마리당 200 마리 이상의 자손을 낳는다고 하여 본 종보다 훨씬 많은 자손을 낳았다. 이러한 수명 및 생식 능력의 차이는 연구에 사용한 응애 또는 기주의 종류, 연구 방법의 차이에 기인한 것으로 여겨진다. 본 연구와 Oh et al. (1985)은 기주의 유충을 이용하였으며 생식 시작 후 응애를 기주로부터 분리하지 않고 매일 또는 주기적으로 관찰하면서 새로 태어나는 응애를 제거한 반면, Bruce (1989)는 권연벌레의 번데기를 기주로 이용하였으며 생식 시작 후 응애를 기주로부터 분리하여 응애가 생식을 종료하고 죽은 후 자손의 수를 조사하였다. 기주로 번데기를 이용하면 유충의 꿈틀거림 등과 같은 방어기작을 극복하는 것보다 적은 에너지를 사용해도 될 것으로 추정되며, 생식이 완료되고 암컷 응애가 죽은 후 자손의 수를 조사하면 본 연구에서처럼 연구자의 주기적인 조사에서 받는 스트레스가 적어 더 많은 자손을 낳았을 수 있을 것이다. 또한 Oh et al. (1985)이 기주로 사용한 권연벌레 노숙유충은 털이 많고 크기가 4-5 mm인 반면, 본 연구에 사용한 복숭아씨살이좀벌의 유충은 털이 없고 8~10 mm 정도의 크기로 권연벌레 노숙유충 보다 크다. 직접적인 비교는 불가능하지만 갈색날개매미충(*Pochazia shantungensis* Chou et Lu)의 알 하나에 본 응애를 접종한 경우 정상적인 생식이 불가능하였던 점과, 털이 많은 왕담배나방(*Helicoverpa armigera* Hübner) 2령 유충을 기주로 제공한 경우 기생에 성공하지 못한

결과(Kim, S. J., personal communication)와 Bruce (1989)의 연구는 기주의 크기와 상태(털의 유무)가 생식 특성에 영향을 미칠 수 있다는 추정을 가능케 한다. 따라서 앞으로 본 응애를 천적자원으로 활용하기 위한 대량증식 기술 개발과 관련하여 이러한 가능성에 대한 추가적인 연구, 즉 기주로 유충과 번데기를 이용했을 때, 그리고 기주의 크기 및 종류에 따른 응애의 생식능력의 차이에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

매실 씨앗 속의 복숭아씨살이좀벌 유충에 대한 기생 능력

1, 2, 3차 실험에서 응애가 기생 가능한 유충 또는 용이 각각 바트당 평균 8.4, 7.2, 10.4마리 있었으나 응애에 감염된 씨앗은 1차와 2차 실험에서 각 한 개씩만 발견되었다. 복숭아씨살이좀벌 성충 확보를 위하여 사육 상자에 대량 보관 중이던 매실에서는 응애에 기생된 유충들이 대량 발견되었다(Yang, C. Y., personal communication). Bruce and LeCato (1980)는 불개미 방제의 사전 연구로 47개의 불개미 군집에 *P. tritici*를 접종한 결과 33개의 군집에서 더 이상 불개미의 활동이 관찰되지 않았다고 보고하였다. 이들의 실험 방식은 *P. tritici*에 감염된 기주를 개미굴 입구와 주변에 살포하여 개미가 응애에 감염된 기주를 몰고 개미굴로 돌아가게 유도하는 방식인 반면, 본 연구에서는 *P. moseri*가 직접 이동하여 기주를 찾아야 한다는 차이가 있다. 따라서 작고 연약한 몸을 가진 암컷 응애가 거친 토양 표면을 지나 매실 씨앗 속으로 들어가 기주에 기생하기 어려웠을 것으로 보인다. 본 종, *P. moseri*는 나무좀에서 처음 발견되었으며(Yu and Liang, 1996), 2015년 3월 인천 연구구의 한 대형 마트에 조경수로 식재된 매실나무에서 복숭아씨살이좀벌의 피해 유무를 조사하던 중 나무에서 떨어지지 않고 매달려 있는 매실 안에서 *Pyemotes* sp.가 발견되어 종 확인 과정에 있다(Kim, S. J., personal communication). 이러한 내용을 종합해볼 때, *P. moseri*는 나뭇가지를 따라 이동하면서 새로운 기주를 찾고 응애에 감염된 매실 씨앗이 땅에 떨어진 것을 본 연구자들이 조사 과정 중에 발견하였을 가능성이 크다. 이를 구명하기 위해서는 토양과 나뭇가지에서 암컷의 이동능력을 조사하고 본 실험과 유사한 방식으로 가지에 씨앗을 매달아 두고 응애를 접종하여 기생 능력을 조사하는 등 추가적인 연구가 필요하다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구과제 ‘기후변화에 따른 최근 문제해충 복숭아씨살이좀벌의 발생생태 구명 및 방제기술 개발(과제번호: PJ010206)’의 수행 결과로 작성되었습니다. 아울러 중

동정과 함께 자세한 정보를 제공하여 준 러시아 Tyumen State 대학교의 A.A. Khaustov 박사에게 감사를 드립니다.

Literature Cited

- Akşit, T., Cakmak, I., Moser, J., 2007. Attack by *Pyemotes johnmoseri* (Acari: Pyemotidae) on *Hypoborus ficus* (Coleoptera: Scolytidae) in fig trees in Turkey. *Exp. Appl. Acarol.* 41, 251-254.
- Bruce, W.A., Lecato, G.L., 1980. *Pyemotes tritici*: a potential new agent for biological control of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* (Acari: Pyemotidae). *Int. J. Acarol.* 6, 271-274.
- Bruce, W.A., 1989. Artificial diet for the parasitic mite *Pyemotes tritici* (Acari: Pyemotidae). *Exp. Appl. Acarol.* 6, 11-18.
- Cakmak, I., Akşit, T., Cobanoglu, S., 2006. *Pyemotes johnmoseri* (Khaustov)(Acari: Pyemotidae) as a parasitoid of xylophagous insects from Aydin, Turkey. *J. Entomol.* 3, 34-39
- Choi, I.P., 1981. A taxonomical study on insect parasitic mites in Korea. Master's thesis. 48pp. Seoul Nati'l Univ. Seoul.
- Cross, E.A., Moser, J.C., 1971. Taxonomy and biology of some Pyemotidae (Acarina: Tarsonemoidea) inhabiting bark beetle galleries in North American conifers. *Acarologia.* 13, 47-64
- Cross, E.A., Moser, J.C., 1975. A new, dimorphic species of *Pyemotes* and a key to previously described forms (Acarina: Tarsonemidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 68, 723-732.
- Cross, E.A., Moser, J.C., Rack, G., 1981. Some new forms of *Pyemotes* (Acarina: Pyemotidae) from forest insects, with remarks on polymorphism. *Int. J. Acarol.* 7, 179-196.
- Doğanlar, O., Yildirim, A.E., Doğanlar, M., 2006. Natural enemy complex of *Eurytoma amygdali* Enderlein, 1907 (Hymenoptera: Eurytomidae) in Eastern Mediterranean region of Turkey; notes on their interaction and effectiveness. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 2, 282-286.
- Duval, H., Millan, M.M., 2010. Emergence dates of *Eurytoma amygdali* Enderlein adults in the south-east of France and control strategy. In : Zakyntinos G. (ed.). *XIV GREMPA Meeting on Pistachios and Almonds*. Zaragoza : CIHEAM / FAO / AUA / TEI Kalamatas / NAGREF. Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 94. 175-180.
- Khaustov, A.A., 1998. A new species of *Pyemotes* (Acari: Heterostigmata: Pyemotidae) associated with bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) from Crimea. *Acarina*, 6, 37-39.
- KSSZ (Korean Society of Systematic Zoology), 1997. List of animals in Korea (except insects). Academy Publishing Co. Seoul.
- Lee, S.M., Kim, S.-J., Yang, C.Y., Shin, J.S., Hong, K.-J., 2014. Host plant, occurrence, and oviposition of the Eurytomid wasp *Eurytoma maslovskii* in Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 53, 381-389.
- Lindquist, F.F., 1986. The world genera of Tarsonemidae (Acari: Heterostigmata): a morphological, phylogenetic, and systematic revision, with a reclassification of family-group taxa in the Heterostigmata. *Memo. Entomol. Soc. Can.* 118(S136), 1-517.
- Menezes, C., Coletto-Silva, A., Gazeta, G., Kerr, W., 2009. Infestation by *Pyemotes tritici* (Acari, Pyemotidae) causes death of stingless bee colonies (Hymenoptera: Meliponina). *Gen. Mol. Res.* 8, 630-634.
- MIFAFF (Ministry of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries), 2012. Key Statistics of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (in Korean). <http://www.mafra.go.kr>
- Moser, J.C., Cross, E.A., Roton, L.M., 1971. Biology of *Pyemotes parviscolyti* (Acarina: Pyemotidae). *Entomophaga.* 16, 367-379.
- Moser, J.C., Kielczewski, B., Wiśniewski, J., Bałazy, S., 1978. Evaluating *Pyemotes dryas* (Vitzthum 1923)(Acari: Pyemotidae) as a parasite of the southern pine beetle. *Int. J. Acarol.* 4, 67-70.
- Oh, M.H., Kim, S.S., Boo, K.S. 1985. Studies on the morphology and biology of a parasitic mite, *Pyemotes tritici* L.-F. & M. on the cigarette beetle (*Lasioderma serricorne* F.). *Korean J. Appl. Entomol.* 24, 15-18.
- Oliveira, C.R.F., Sousa, A.H., Pimentel, M.A.G., Matos, C.H. C., 2010., First record for *Cathartus quadricollis* and *Callosobruchus maculatus* cultures attacked by the mite *Pyemotes tritici*. *Idesia* (Chile). 28, 97-100.
- Simon, C., Frati, F., Beckenbach, A., Liu, B., Flook, P., 1994. Evolution, weighting, and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequences and a compilation of conserved polymerase chain reaction primers. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 87, 651-701.
- Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipowski, A., Kumar, S., 2013. MEGA6: molecular evolutionary genetics analysis version 6.0. *Mol. Biol. Evol.* 30, 2725-2729.
- Tena-Barreda, A., Garcia-Mari, F., 2006. Natural enemies of the black scale *Saissetia oleae* (Homoptera: Coccidae) in Valencia (Spain). *IOBC wprs Bulletin.* 29, 47-54.
- Tena-Barreda, A., Soto, A., Garcia-Mari, F., 2008. Parasitoid complex of black scale *Saissetia oleae* on Citrus: species composition and seasonal trend. *IOBC wprs Bulletin.* 38, 82-86.
- Vaivanijkul, P., Haramoto, F.H., 1969. The biology of *Pyemotes boylei* Krczal (Acarina: Pyemotidae). *Proc. Hawaiian Entomol. Soc.* 20, 443-454.
- Vickruck, J.L., Huber, J.T., Richards, M.H., 2010. Natural enemies of the bee genus *Ceratina* (Hymenoptera: Apidae) in the Niagara region, Ontario, Canada. *J. Entomol. Soc. Ont.* 141, 11-26.
- Vijayakumar, K., Jayaraj, R., 2013. Infestation of *Pyemotes* sp.(Acari, Pyemotidae) on *Tetragonula iridipennis* (Hymenoptera: Meliponinae) colonies. *Int. J. Life Sci. Edu. Res.(IJLSER)* 1, 120-122.
- Yu, L., Liang, L., 1996. A new species of *Pyemotes* (Acari: Pyemotidae) parasitic on bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) from Hebei, China. *Sys. Appl. Acarol.* 1, 167-171.