

기주에 따른 목화검정진디벌(*Ephedrus plagiator* (Nees))과 진디벌(*Aphidius ervi* Haliday)의 생물학적 특성 비교

지창우 · 강은진 · 변영웅¹ · 김정환 · 최병렬*

농촌진흥청 국립농업과학원 작물보호과, ¹농촌진흥청 기획조정관실

Comparative Analysis of the Biological Characteristics of *Ephedrus plagiator* (Nees) and *Aphidius ervi* Haliday according to Different Aphid Hosts

Chang Woo Ji, Eun Jin Kang, Young-Woong Byeon¹, Jeong-Hwan Kim and Byeong Ryeol Choi*

Crop Protection Division, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration (RDA), Wanju 565-851, Korea

¹Director General for Planning and Coordination, RDA, Jeonju 560-500, Korea

ABSTRACT: To investigate the biological control of *Aulacorthum solani*, a comparative analysis was carried out using an indigenous natural enemy, *Ephedrus plagiator*, and an exotic parasitoid, *Aphidius ervi*. Lifespan, spawning periods, number of mummies, number of offspring, and developmental periods of the two parasitoids on *Aulacorthum solani* and *Acyrtosiphon pisum* were studied at 15, 20, 25, and 30°C with a photoperiod 16 h (L): 8 h (D). The lifespan of *E. plagiator* (5.3 days) was relatively higher than that of *A. ervi* (2.3 days) when these parasitoids were reared on *A. solani* at 15°C. Similarly, the spawning period of *E. plagiator* (5.3 days) was longer than that of *A. ervi* (2.2 days). When the two aphid parasitoids were provisioned with *A. solani*, the numbers of *E. plagiator* mummies at 15, 20, 25, and 30°C were 71.5, 41, 15.7, and 7.7, respectively, whereas at the same temperatures, the numbers of *A. ervi* mummies were 22.1, 16.3, 6.2, and 0.4, respectively. In contrast, when provisioned with *A. pisum*, the numbers of *E. plagiator* mummies at 15, 20, 25, and 30°C were 70.3, 69.8, 34.3, and 8.4, whereas the numbers of *A. ervi* mummies were 93.4, 71.2, 34.8, and 14.5, respectively. The numbers of *E. plagiator* offspring emerging at 15, 20, 25, and 30°C were 42.1, 36, 11.6, and 0, whereas the numbers of *A. ervi* offspring emerging were relatively lower at 19.6, 13.5, 3.7, and 0.1, respectively. By comparing these results, it can be concluded that *E. plagiator* is a more efficient parasitoid of *A. solani*, whereas *A. ervi* is more efficient on *A. pisum*.

Key words: *Aulacorthum solani*, *Acyrtosiphon pisum*, *Ephedrus plagiator*, *Aphidius ervi*, Natural enemies

조 록: 싸리수염진딧물(*Aulacorthum solani*) 방제를 위해 기생성 천적으로 국내에서 선발한 목화검정진디벌(*Ephedrus plagiator*)과 외국에서 판매되고 있는 진디벌(*Aphidius ervi*)을 비교 조사하였다. 성충 수명과 산란 기간, 머미수, 우화충수 등에 대한 우열성을 싸리수염진딧물과 완두수염진딧물(*Acyrtosiphon pisum*)을 대상으로 온도 15, 20, 25, 30°C와 광주기 16(L): 8(D)의 조건에서 조사하였다. 성충 수명은 15°C에서 목화검정진디벌이 싸리수염진딧물에서 5.9일로 진디벌 3.6일에 비해 2.3일 길었다. 산란 기간도 15°C의 싸리수염진딧물에서 목화검정진디벌이 5.3일인 반면, 진디벌은 2.2일로 상대적으로 짧았다. 싸리수염진딧물에서 목화검정진디벌과 진디벌의 머미수는 목화검정진디벌이 15, 20, 25, 30°C에서 각각 71.5, 41.0, 15.7, 7.7개로 진디벌의 22.1, 16.3, 6.2, 0.4 보다 많이 기생하는 것으로 나타났다. 반면에 완두수염진딧물에서 목화검정진디벌의 머미수는 70.3, 69.8, 34.3, 8.4개로 93.4, 71.2, 34.8, 14.5로 조사된 진디벌의 머미수보다 낮았다. 싸리수염진딧물에서 목화검정진디벌의 우화충수는 42.1, 36, 11.6, 0로 나타나 30°C의 높은 온도에서는 우화하지 않은 것을 알 수 있었다. 진디벌의 경우에는 우화 개체수가 각 온도에서 19.6, 13.5, 3.7, 0.1로 나타나 목화검정진디벌에 비해 상대적으로 적게 우화한 것으로 조사되었다. 두 종의 비교결과, 싸리수염진딧물에서는 목화검정진디벌이, 완두수염진딧물에서는 진디벌이 우수한 것으로 조사되었다.

검색어: 싸리수염진딧물, 완두수염진딧물, 목화검정진디벌, 진디벌, 천적

*Corresponding author: br0choi@korea.kr

Received October 13 2014; Revised October 31 2014

Accepted November 7 2014

짜리수염진딧물(*Aulacorthum solani* K., glasshouse tomato aphid)은 수염진딧물의 한 종으로 유럽에서 가장 먼저 보고되었으며 이외에도 한국, 일본, 미국 등 전 세계에 분포하는 해충으로 경제적 중요성이 증가하고 있다(Blackman and Eastop, 1984; Jeon and Kim, 2006; Jandricic et al., 2010). 짜리수염진딧물은 다식성 해충으로 기주 식물은 가지, 상추, 콩, 감자, 고추, 팔, 오이, 녹두, 결구상추, 멜론, 수박 등을 포함 29과 96종이 있다(Kim et al., 1991). 또한 감로분비로 인한 그을음병 유발(Miller and Stoetzel, 1997), 잎의 변색, 낙엽(Sanchez et al., 2007), 콩위축바이러스와 같은 45종의 식물바이러스의 매개(Miller and Stoetzel, 1997) 등 직간접적인 피해를 주고 있어 효과적인 방제법 개발이 필요한 실정이다.

약제 저항성 해충의 출현, 생산물의 농약 잔류, 수질 및 환경 오염 등의 농약을 이용한 해충 방제는 효과는 좋으나 사용에 제한이 있다(Carson, 2002; Park and Lee, 2011). 이에 따라 안전한 농산물에 대한 소비자의 욕구를 충족시키기 위한 해충방제 수단으로 천적 곤충이 이용되고 있다. 국내에서는 친환경적인 해충방제 인자로 2000년대부터 천적을 이용한 방제가 시도되었다(Kim et al., 2005). 현재 진딧물의 생물적 방제용으로 판매되고 있는 천적은 8종으로 콜레마니진디벌(*Aphidius colemani*)을 포함한 5종의 기생성 천적과 진디혹파리(*Aphidoletes aphidimyza*)를 포함한 3종의 포식성 천적이 있다(Kim et al., 2005). 하지만 현재 판매되고 있는 기생성 천적들은 복숭아혹진딧물이나 목화진딧물 등에 효과적인 방제 능력을 보이나, 짜리수염진딧물과 같은 수염진딧물류에서는 방제 효과가 낮게 나타나고 있다(Kang et al., 2012). Daza-Bustamante (2002) 등에 의하면 진디벌(*Aphidius ervi*)을 이용한 수염진딧물류의 방제는 진딧물의 충체 크기 등 기주의 상태가 방제 효율에 영향을 미쳐 사용에 어려움을 주고 있다고 보고되었다.

국내에서 시판되고 있는 진딧물 기생 천적으로는 목화진딧물이나 복숭아혹진딧물에 콜레마니진디벌을 주로 사용하고 있고 수염진딧물에는 진디벌(*Aphidius ervi*)을 각각 이용하고 있다(Kim et al., 2005). 본 연구에서는 국내 토착 천적으로 보고(Chang et al., 1994)된 목화검정진디벌(*Ephedrus plagiator*)의 이용가능성을 기존 사용 천적과 비교 평가하였다. 목화검정진디벌의 기생적 특성은 보리수염진딧물(*Macrosiphum avenae*, Dean, 1974; Fuentes-Conteras, 1996)과 옥수수테두리진딧물(*Rhopalosiphum maidis*), 보리두갈래진딧물(*Schizaphis graminum*)에서는 조사가 되었고(Jackson et al., 1974) 해바라기에서 서식하는 *Aphis helianthi* (Rogers et al., 1972)에서는 조사되었으나 짜리수염진딧물(*Aulacorthum solani*)에 대해서는 기생적 특성이 아직 밝혀지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 목화검정진디벌에 대한 짜리수염진딧물과 완두수염진딧물(*Acyrtosiphon pisum*)에서 성충 수명, 머미수, 우화충수, 발육기간 등의 생물적 특성을 현재 상품화된 수염진딧물류 천적인 진디벌과 비교 분석하여 생물적 방제인자로 이용 가능성을 검토하였다.

재료 및 방법

기주곤충과 기생봉의 사육

실험에 이용한 진딧물과 기생봉은 온도 25°C와 광주기 16 h (L): 8 h (D), 상대습도 50~70%로 유지하여 국립농업과학원 작물보호과 천적사육실에서 누대 사육하였다. 시험에 사용된 기주 해충인 짜리수염진딧물(*Aulacorthum solani*)과 완두수염진딧물(*Acyrtosiphon pisum*)은 각각 시설가지와 야지 콩에서 발생한 개체를 채집하여 실내에서 포트에 키운 콩을 이용하여 누대 사육한 계통을 이용하였다. 진딧물 기생봉인 목화검정진디벌(*Ephedrus plagiator*)은 안동에서 채집한 개체를 누대 사육하여 이용하였으며 진디벌(*Aphidius ervi*)은 시중에서 천적으로 판매(Koppert B.V.)되고 있는 개체를 이용하였다.

온도별 산란 기간 및 성충 수명, 머미수, 우화충수, 발육기간 비교

목화검정진디벌과 상업화된 진디벌의 생물적 특성을 온도(15, 20, 25, 30°C)에 따라 조사하였다. 조사 방법은 본 연구진의 선행 연구를 참고로 하였다(Kang et al., 2012). 먼저 기주 해충인 짜리수염진딧물과 완두수염진딧물 성충을 아크릴케이지(가로 × 세로 × 높이 = 27 × 27 × 54.5 cm)에 넣고 흰콩 유묘포트와 잠두콩 유묘포트에 접종한 뒤 약 8시간 동안 산자를 받은 후 암컷 성충을 제거하였다. 3령까지 성장한 진딧물은 파종 후 10일 정도 지난 흰콩과 잠두콩에 붓을 이용하여 30마리씩 접종하였다. 접종에 사용된 흰콩과 잠두콩은 플라스틱병(직경 × 높이 = 25 × 75 mm)에 심은 후 물과 상토가 새어나오는 것을 방지하기 위하여 파라필름으로 밀봉한 후 곤충사육용기에 넣어 준비하였다. 우화 후 1일 이내의 목화검정진디벌과 진디벌 암수 1쌍을 각각 플라스틱병(직경 × 높이 = 2.5 × 7.5 cm)에 넣어 교미시키고 먹이로는 10% 꿀물을 솜에 적셔 제공하여 48시간 동안 유지시켰다. 콩잎에 접종된 진딧물의 개체수를 확인한 후, 교미한 기생봉 중 암컷 1마리를 접종하였다.

시험온도 15, 20, 25, 30°C 와 16L:10D로 조절된 향온기에 넣고 24시간 접종한 후 기생봉 생존기간 동안 매일 동일한 방법

으로 준비된 진딧물에 교체 접종하였다. 진딧물이 머미가 되면 기생된 머미는 붓으로 한 개씩 골라내어 마이크로튜브(1.7 ml, Axygen INC)에 넣어두고 기생봉의 발육이 완료될 때까지 실험조건을 유지시키며 매일 조사하였고 시험은 10 반복 수행하였다.

통계분석

두 기생봉 간의 생물학적 특성을 비교하기 위해 기생수는 머미수로, 우화충수는 우화개체수를 조사하였다. 성비는 성충으로 우화한 개체 중 암컷의 비율을 계수하였으며 발육기간은 기생된 후 우화할 때까지의 기간을 일수로 계산하였다. 두 기생봉 간 산란기간과 기생수, 우화충수, 암컷비율, 발육기간의 비교를 위해 T-검정을 이용하여 분석하였다. 온도에 따른 생물학적 특성을 비교하기 위해서는 일원배치분산분석 후 Multiple comparison (Tukey) 테스트를 실시하였다(Zar, 1984).

결과 및 고찰

온도별 산란 기간 및 성충 수명 비교

온도에 따른 두 기생봉의 산란 기간은 Fig. 1과 같다. 싸리수염진딧물이 기주곤충이었을 때 목화검정진딧벌의 온도별 산란 기간은 15, 20, 25, 30°C에서 각각 5.3, 3.5, 1.3, 1.3 이었는데, 진딧벌은 2.2, 1.9, 1.4, 0.4일로 조사되어 25°C를 제외한 온도에서 상대적으로 산란 기간이 짧았다. 하지만 완두수염진딧물을 기주곤충으로 사용한 실험에서는 두 기생봉의 산란 기간이 15, 20, 25, 30°C에서 각각 6.4, 4.5, 2.8, 1.3일과 6.1, 5.3, 2.1, 1.3일로 나타나 차이가 없었다.

기주 및 온도에 따른 목화검정진딧벌과 진딧벌의 성충의 수명은 Fig. 2와 같다. 싸리수염진딧물에서 목화검정진딧벌의 성충 수명은 실험온도 15, 20, 25, 30°C의 평균 5.9, 4.1, 2.4, 2.3일 이었고 진딧벌의 성충 수명은 동일 온도에서 평균 3.6, 2.9, 2.7, 2.3일로 조사되어 목화검정진딧벌의 수명이 상대적으로 저온에서 높은 것을 알 수 있었다. 완두수염진딧물이 기주 곤충이었

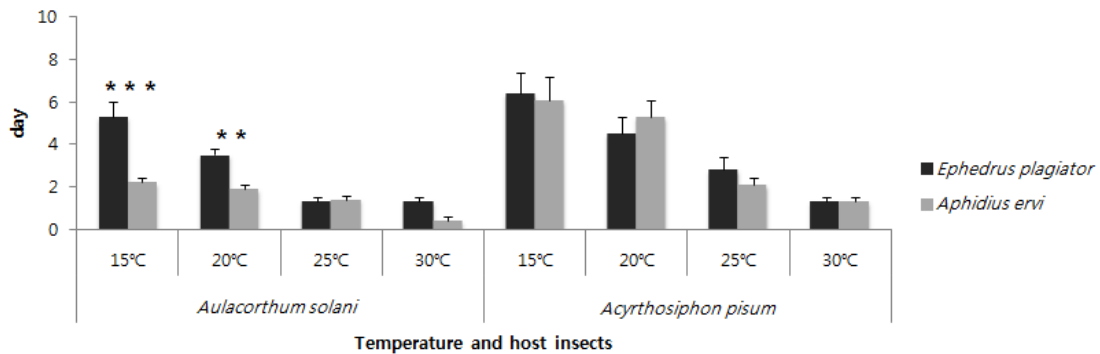


Fig. 1. Average spawning period (mean \pm S.E.) of two parasitoid species (*Ephedrus plagiator* and *Aphidius ervi*) when reared on two aphid species (*Aulacorthum solani* and *Acyrthosiphon pisum*). Statistical differences (t-test, $t_{0.05,(2),9} = 2.10$) in the spawning period are indicated by asterisks (**: $0.001 < P < 0.01$, ***: $P < 0.001$).

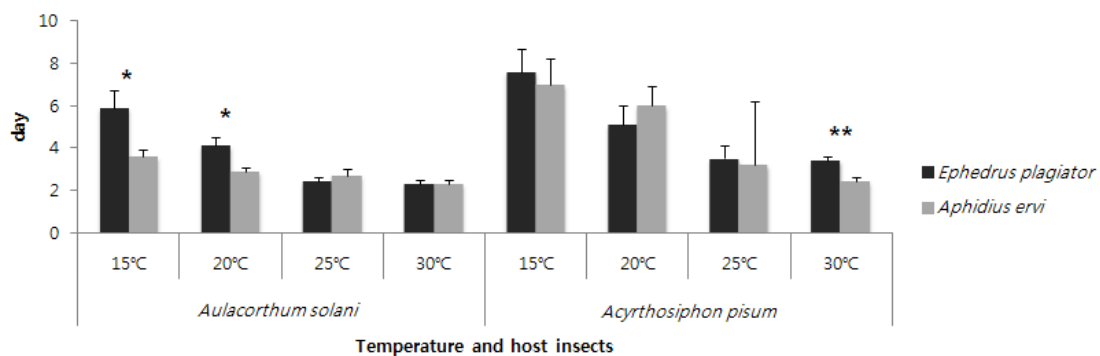


Fig. 2. Average lifespan (mean \pm S.E.) of two parasitoid species (*Ephedrus plagiator* and *Aphidius ervi*) when reared on two aphid species (*Aulacorthum solani* and *Acyrthosiphon pisum*). Statistical differences (t-test, $t_{0.05,(2),9} = 2.10$) in the lifespan are indicated by asterisks (*: $0.01 < P < 0.05$, **: $0.001 < P < 0.01$).

을 때는 목화검정진디별이 각 실험 온도에서 평균 7.6, 5.1, 3.5, 3.4일의 성충 수명을 보였고 진디별 성충 수명은 평균 7.0, 6.0, 3.2, 2.4일로 조사되었다.

온도별 산란수, 발육기간, 우화충수 비교

실험에 사용된 두 기생봉의 머미수는 Fig. 3과 같다. 시험한 모든 온도에서 싸리수염진딧물에 대하여 목화검정진디별이 진디별보다는 기생율이 높았다. 싸리수염진딧물에 대한 목화검정진디별의 기생수는 각 온도에서 평균적으로 71.5, 41, 15.7, 7.7개의 머미로 진디별의 22.1 16.3 6.2, 0.4 보다 모든 온도에서 더 많이 기생한 것으로 나타났다. 반면 완두수염진딧물에서는 목화검정진디별이 70.3, 69.8, 34.3, 8.4로 조사되었고 진디별은 같은 온도에서 각각 93.4, 71.2, 34.8, 14.5로 조사되어 두 기생봉의 머미수가 비슷하거나 진디별이 높게 나타났다.

온도에 따른 두 기생봉의 우화충수는 기생수와 비슷한 결과

를 보였다(Fig. 4). 싸리수염진딧물에서 목화검정진디별의 우화충수(및 우화율)는 42.1(58.5%), 36(87.8%), 11.6(73.9%), 0(0%)로 30°C의 높은 온도에서는 우화하지 않은 것을 알 수 있었다. 진디별의 우화충수(우화율)는 각 온도에서 19.6(88.7%), 13.5(82.9%), 3.7(59.3%), 0.1(25%)로 나타나 목화검정진디별에 비해 상대적으로 적게 우화한 것으로 조사되었다. 완두수염진딧물에서는 진디별의 우화충수가 86.6(92.7%), 65(91.3%), 28.9(83%), 5.5(38%)인 반면 목화검정진디별이 56.1(79.8%), 38.1(54.6%), 24.5(71.4%), 1.5(17.9%)로 나타났다. 이를 통해 완두수염진딧물에서는 진디별이 더 많은 자손(Offspring)을 생산하여 목화검정진디별에 비해 상대적으로 적응도(fitness)가 높은 것으로 사료된다.

Fig. 5는 감염된 머미가 우화되기까지 걸린 발육기간을 보여 주고 있다. 싸리수염진딧물에서 목화검정진디별의 우화되기까지 걸린 일수는 온도에 따라 평균 30.6, 18.4, 14.5일 이었으나 30°C에서는 우화되지 않았다. 같은 진딧물에서 진디별의 발

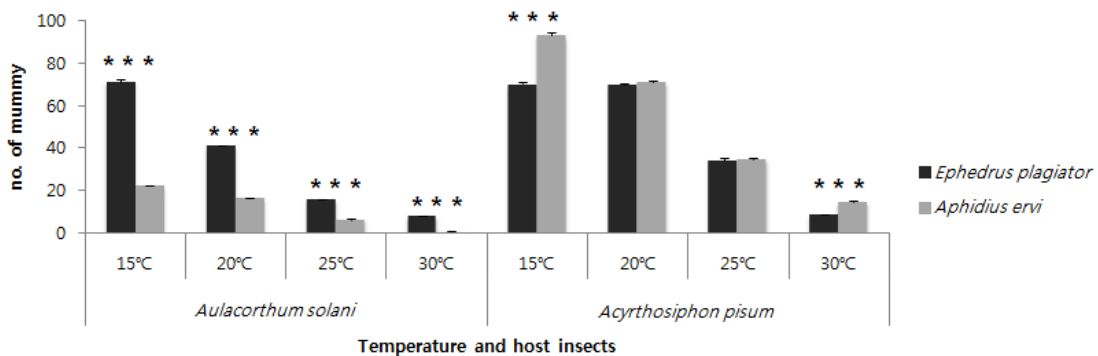


Fig. 3. Average number of mummies (mean ± S.E.) of two parasitoid species (*Ephedrus plagiator* and *Aphidius ervi*) when reared on two aphid species (*Aulacorthum solani* and *Acyrthosiphon pisum*). Statistical differences (t-test, $t_{0.05,(2),9} = 2.10$) in the number of mummies are indicated by an asterisk (***) ($P < 0.001$).

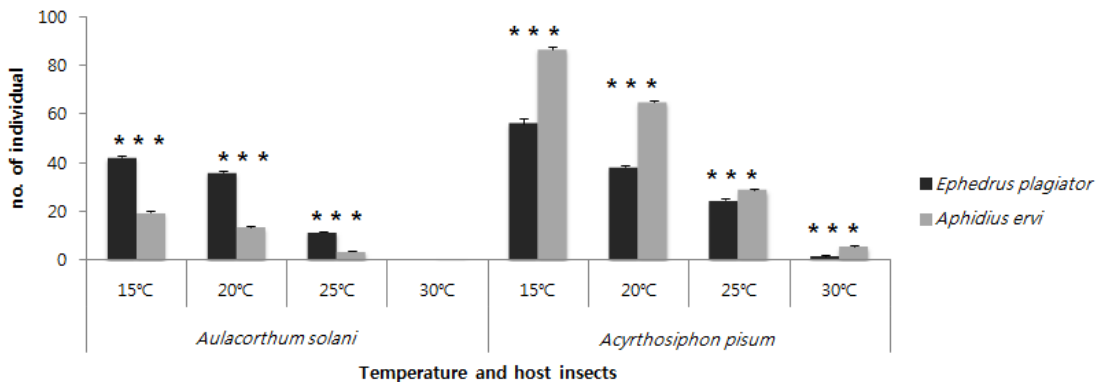


Fig. 4. Average number of offspring (mean ± S.E.) of two parasitoid species (*Ephedrus plagiator* and *Aphidius ervi*) when reared on two aphid species (*Aulacorthum solani* and *Acyrthosiphon pisum*). Statistical differences (t-test, $t_{0.05,(2),9} = 2.10$) in the number of offspring are indicated by an asterisk (***) ($P < 0.001$).

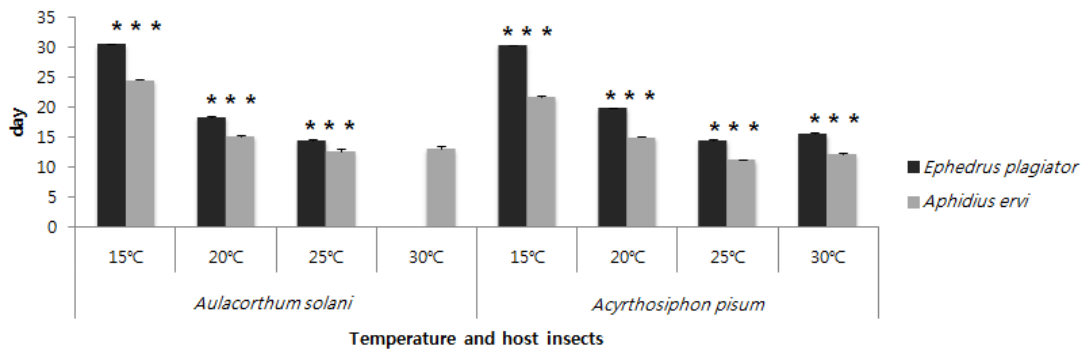


Fig. 5. Average developmental periods (mean \pm S.E.) of two parasitoid species (*Ephedrus plagiator* and *Aphidius ervi*) when reared on two aphid species (*Aulacorthum solani* and *Acyrthosiphon pisum*). Statistical differences (t-test, $t_{0.05,(2),9} = 2.10$) in the developmental periods are indicated by an asterisk (***: $P < 0.001$).

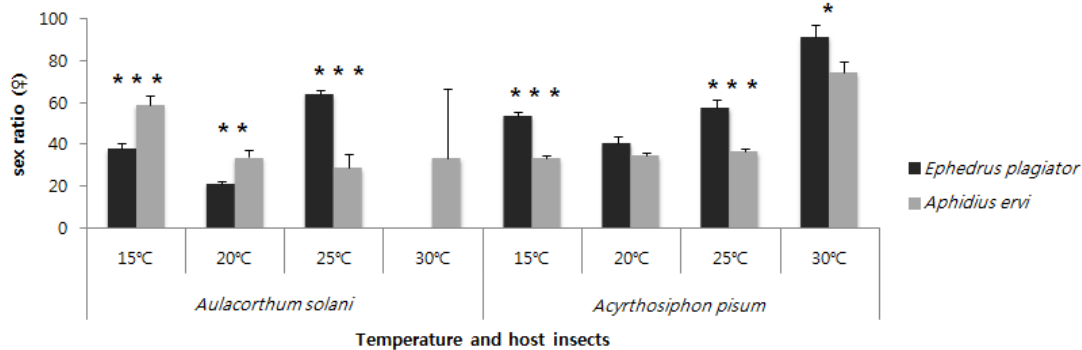


Fig. 6. Average sex ratio (mean \pm S.E.) of two parasitoid species (*Ephedrus plagiator* and *Aphidius ervi*) when reared on two aphid species (*Aulacorthum solani* and *Acyrthosiphon pisum*). Statistical differences (t-test, $t_{0.05,(2),9} = 2.10$) in the sex ratio are indicated by asterisks (*: $0.01 < P < 0.05$, **: $0.001 < P < 0.01$, ***: $P < 0.001$).

육기간은 24.6, 15.2, 12.7, 13일로 조사되어 우화충수(Fig. 4)는 목화검정진디벌에 비해 적으나 발육기간은 상대적으로 짧은 것을 알 수 있었다. 완두수염진딧물에서도 목화검정진디벌의 발육기간이 평균 30.5, 19.9, 14.5, 15.5일로 진디벌의 21.8, 15, 11.2, 12.2일에 비해 상대적으로 긴 것으로 조사되었다.

Waage와 Hassell (1982)에 따르면 자손세대의 성비는 방사한 포식기생자의 성공에 중요한 요인이다. 하지만 두 기생봉의 우화된 자손에서 수컷에 대한 암컷의 비율은 일관적이지 않았다(Fig. 6). 싸리수염진딧물에서 목화검정진디벌의 암컷 비율은 15, 20, 25, 35°C에서 37.9, 21.2, 64, 0%로 조사되었고 진디벌의 경우, 59.1, 33.7, 28.7, 33.3%로 조사되어 온도에 따른 암수비율 변화의 특징을 찾을 수 없었다. 완두수염진딧물에서는 목화검정진디벌의 암수비율은 각 온도에서 53.8, 40.6, 57.3, 91.7%인 반면 진디벌은 같은 온도에서 33.4, 34.5, 36.4, 74.4%로 조사되어 모든 온도에서 목화검정진디벌의 암컷 비율이 상대적으로 더 높은 것을 알 수 있었다. 본 연구에서 두 기생봉의 생물적 특성(산란 기간과 성충 수명)과 다른 기생 특성(기생수와 우화충수, 발육기간)은 온도 증가에 따라 감소하는 경향을

보였으나 암수 비율은 이러한 특징을 보이지 않아 보다 면밀한 조사가 필요할 것으로 예상된다.

싸리수염진딧물과 완두수염진딧물에서 두 기생봉의 성충 수명과 산란 기간은 온도가 증가할수록 상대적으로 감소하였다(Fig. 1, 2와 Table 1). 접촉 후 발견된 머미수는 완두수염진딧물에서 목화검정진디벌의 15와 20°C에서 동일하게 나타난 것을 제외하면 온도가 증가할수록 머미수와 우화충수가 감소하였다(Fig. 3, 4와 Table 1). 비록 자손의 발육 기간이 온도가 높을수록 짧게 나타나나(Fig. 5와 Table 1) 머미수와 우화충수를 고려해 볼 때, 두 기생봉 모두가 저온에서 기생능력이 높은 것으로 조사되었다. 특히 싸리수염진딧물의 경우에는 30°C의 고온에서는 우화하지 않아 고온에서 기생 능력이 크게 감소함을 보였다(Fig. 4).

자손의 성비는 앞의 특성과 다른 특성을 보였다(Fig. 6). 목화검정진디벌의 암컷 비율은 온도 및 기주와의 뚜렷한 관련성이 보이지 않았다. 반면 진디벌의 암컷 비율은 싸리수염진딧물에서는 15°C에서는 59.1%로 높게 나타났으나 온도가 증가하면서 감소하였다. 완두수염진딧물에서 진디벌의 암컷 비율은

Table 1. Analysis of variance (ANOVA) and Tukey test for multiple comparison of biological parameters for two parasitoids according different temperatures (n=10 for each parameter for temperature). The temperatures are listed in the increasing order from left to right (a: 15°C, b: 20°C, c: 25°C, d: 30°C).

| | <i>Ephedrus plagiator</i> | | <i>Aphidius ervi</i> | |
|----------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|
| | <i>A. solani</i> | <i>A. pisum</i> | <i>A. solani</i> | <i>A. pisum</i> |
| Spawning period | a≠b≠c=d P < 0.001 | a=b≠c=d P < 0.001 | a=b≠c≠d P < 0.001 | a=b≠c=d P < 0.001 |
| Lifespan | a≠b≠c=d P < 0.001 | a≠b=c=d 0.001 < P < 0.005 | a≠b=c=d 0.001 < P < 0.005 | a=b≠c=d P < 0.001 |
| No. mummy | a≠b≠c≠d P < 0.001 | a=b≠c≠d P < 0.001 | a≠b≠c≠d P < 0.001 | a≠b≠c≠d P < 0.001 |
| No. offspring | a≠b≠c≠d P < 0.001 | a≠b≠c≠d P < 0.001 | a≠b≠c≠d P < 0.001 | a≠b≠c≠d P < 0.001 |
| Developmental period | a≠b≠c≠d P < 0.001 | a≠b≠d≠c P < 0.001 | a≠b≠c≠d P < 0.001 | a≠b≠d≠c P < 0.001 |
| Sex ratio | c≠a≠b≠d P < 0.001 | d≠c=a≠b P < 0.001 | a≠b=c=d P < 0.001 | d≠c=b=a P < 0.001 |

F_{0.05(1), 3, 36} = 2.86.

30°C를 제외하면 각 온도에서 33.4, 34.5, 36.4%로 나타나 조사된 온도에서는 온도의 영향을 볼 수 없었다. Jackson (1974) 등에 의하면 세 온도(15, 20, 25°C)에서 목화검정진딧벌의 암컷 비율이 모두 30% 이하로 조사되어 본 연구와는 차이를 보여 차 후 추가적인 조사가 필요할 것으로 예상된다.

이상의 결과를 종합해보면 싸리수염진딧물에 대해서는 토착 천적인 목화검정진딧벌의 기생 능력이 상대적으로 높으나 완두수염진딧물의 경우에는 현재 시판되고 있는 진딧벌의 기생능력이 높은 것으로 판단된다. Powell과 Wright (1991)의 연구에서도 목화검정진딧벌은 진딧벌에 비해 기주 범위가 넓은 것으로 알려져, 목화검정진딧벌이 좀 더 여러 종의 진딧물에 대한 방제인자로서 활용 가능성이 있을 것으로 예측된다. 하지만 두 기생봉 모두 온도가 증가할수록 기생능력이 떨어져 고온의 시설재배 작물에 발생하는 진딧물 방제에는 일부 제한이 있을 것으로 판단된다. 그러므로 이 두 기생봉의 진딧물 생물적방제 인자로서의 잠재성은 발생한 해충의 종류 및 온도와 같은 환경 요인에 유의할 필요가 있을 것으로 보이며 다른 진딧물 천적과의 진딧물 방제효과 비교 연구를 통해 종합적으로 평가되어야 할 것이다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호:PJ008528)의 지원에 의해 이루어졌다.

Literature Cited

- Blackman, R.L., Eastop, V.F., 1984. Aphids on the world of crops: an identification and information guide. Wiley, New York.
- Carson, R., 2002. Silent spring. Houghton Mifflin Harcourt.
- Chang, Y.D., Lee, J.Y., Youn, Y.N., 1994. Primary parasitoids and hyperparasitoids of the soybean aphid, *Aphis glycines* (Homoptera: Aphididae). Korean J. Appl. Entomol. 33, 51-55.
- Daza-Bustamante, P., Fuentes-Contreras, E., Rodriguez, L.C., Figueroa, C.C., Niemeyer, H.M., 2002. Behavioural differences between *Aphidius ervi* populations from two tritrophic systems are due to phenotypic plasticity. Entomol. Exp. Appl. 104, 321-328.
- Dean, G.J., 1974. Effects of parasites and predators on the cereal aphids *Metopolophium dirhodum* (Wlk.) and *Macrosiphum avenae* (F.) (Hom., Aphididae). Bulletin of Entomol. Res. 63, 411-422.
- Fuentes-Contreras, E., J.E., Powell, W., Wadhams, L.J., Pickett, J.A., Niemeyer, H.M., 1996. Influence of wheat and oat cultivars on the development of the cereal aphid parasitoid *Aphidius rhopalosiphii* and the generalist aphid parasitoid *Ephedrus plagiator*. Annals of Appl. Biol. 129, 181-187.
- Jackson, H.B., Rogers, C.E., Eikenbary, R.D., Starks, K.J., McNew, R.W., 1974. Biology of *Ephedrus plagiator* on different aphid hosts and at various temperatures. Environ. Entomol. 3, 618-620.
- Jandricic, S.E., Wraight, S.P., Bennett, K.C., Sanderson, J.P., 2010. Developmental times and life table statistics of *Aulacorthum solani* (Hemiptera: Aphididae) at six constant temperatures, with recommendations on the application of temperature-dependent development models. Environ. Entomol. 39, 1631-1642.

-
- Jeon, H.Y., Kim, H.H., 2006. Damage and seasonal occurrence of major insect pests by cropping period in environmentally friendly lettuce greenhouse. *Korean J. Appl. Entomol.* 45, 275-282.
- Kang, E.J., Byeon, Y.-W., Kim, J.-H., Choi, M.-Y., Choi, Y.-S., 2012. The effect of temperatures on the biological characteristics of two aphid parasitoids *Aphelinus asychis* (Walker) and *Aphelinus varipes* (Förster) (Hymenoptera: Aphelinidae) on two aphid hosts. *Korean J. Appl. Entomol.* 51, 397-403.
- Kim, D.H., Lee, H.H., Park, J.H., Hwang, C.Y., 1991. Occurrence aspects and ecological characteristics of foxglove aphid, *Aulacorthum solani*, Kalténbach (Homoptera: Aphididae) in soybean. *Res. Rept. RDA (C.P)* 33, 28-32.
- Kim, Y.H., Kim, J.-H., Byeon, Y.-W., Choi, B.R., 2005. Guide for use of natural enemies. National Academy of Agricultural Science.
- Miller, G.L., Stotzel, M.B., 1997. Aphids associated with chrysanthemums in the United States. *Fla. Entomol.* 80, 218-239.
- Park, B.-J., Lee, J.-H., 2011. Pesticide residue monitoring and environmental exposure in paddy field soils and greenhouse soils. *The Korean J. of Pesticides Sci.* 15, 134-139.
- Powell, W., Wright, A.F., 1991. The influence of host food plants on host recognition by four aphidiine parasitoids (Hymenoptera: Braconidae). *Bulletin of Entomol. Res.* 81, 449-453.
- Rogers, C.E., Jackson, H.B., Eikenbary, R.D., Starks, K.J., 1972. Host-Parasitoid interaction of *Aphis helianthi* on sunflowers with introduced *Aphelinus asychis*, *Ephedrus plagiator* and *Praon gallicum* and native *Aphelinus nigrinus* and *Lysiphlebus testaceipes*. *Ann. of the Entomol. Soci. of America.* 65, 38-41.
- Sanchez, J.A., Canovas, F., Lacasa, A., 2007. Thresholds and management strategies for *Aulacorthum solani* (Hemiptera: Aphididae) in greenhouse pepper. *J. Econ. Entomol.* 100, 123-130.
- Waage, J.K., Hassell, M.P. 1982. Parasitoids as biological control agents-a fundamental approach. *Parasitol.* 84, 241-268.
- Zar, J.H., 1984. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall International, Englewood Cliffs.