

긴꼬리가루깍지벌레와 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레의 국내 분포 및 온도별 발육특성

정대훈 · 경예진 · 김현경 · 구현나 · 조수원 · 김길하*

충북대학교 식물외과

Domestic Distribution and Temperature-dependent Development on *Pseudococcus longispinus* and *P. orchidicola* (Hemiptera: Pseudococcidae) in Korea

Dae-Hoon Jeong, Ye Jin Kyung, Hyunkyung Kim, Hyun-Na Koo, Soowon Cho and Gil-Hah Kim*

Department of Plant Medicine, College of Agriculture, Life and Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

ABSTRACT: We surveyed 281 sites of tropical plants and 666 sites of fruit plants for three years (2015~2017) on *Pseudococcus longispinus* and *Pseudococcus orchidicola* which have not been surveyed domestically. In tropical plants, *P. longispinus* were found at 34 sites, while *P. orchidicola* were found at 87 sites. However, both species were not found in fruit plants. The developmental characteristics of *P. longispinus* and *P. orchidicola* were investigated under various temperatures. The female nymph of *P. longispinus* did not develop at 14°C and the developmental period was the longest at 16°C for 361.4 days and the shortest at 32°C for 39.0 days. The longevity of female adult of *P. longispinus* was the shortest at 28°C as 71.7 days. The number of offspring was highest at 177.7 at 32°C. The female nymph of *P. orchidicola* did not develop at 12°C. However, the developmental period was the longest at 14°C for 184.9 days and the shortest at 28°C for 21.5 days. The longevity of female adult of *P. orchidicola* was the shortest at 51.5 days at 28°C. The number of offspring was highest at 143.8 at 28°C. The net reproductive rate (R_0) and intrinsic rate of increase (r_m) of *P. longispinus* were 162.3 and 0.127 at 32°C, respectively. The R_0 and r_m of *P. orchidicola* were 98.3 and 0.139 at 28°C, respectively. These results suggest that the optimum temperature of *P. longispinus* and *P. orchidicola* was 32°C and 28°C, respectively. Therefore, we guess that they can never be able to survive the winter of Korea.

Key words: *Pseudococcus longispinus*, *Pseudococcus orchidicola*, Survival rate, Intrinsic rate of increase

초록: 국내 분포조사가 되어 있지 않은 긴꼬리가루깍지벌레와 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레를 대상으로 3년간(2015~2017년) 281지점의 관엽식물과 666지점의 과수를 조사하였다. 관엽식물의 경우 긴꼬리가루깍지벌레는 34지점에서 발견되었고, 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레는 87지점에서 발견되었으나 과수에서는 두 종 모두 발견되지 않았다. 분포조사를 통해 채집한 긴꼬리가루깍지벌레와 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레는 실내사육하며 온도별 발육특성을 조사하였다. 긴꼬리가루깍지벌레 암컷 약충은 14°C에서 정상적인 발육을 하지 못하였으며, 16°C에서는 361.4일로 발육기간이 가장 길었으며 32°C에서는 39.0일로 가장 짧았다. 긴꼬리가루깍지벌레 암컷 성충수명은 28°C에서 71.7일로 가장 짧았으며, 산자수의 경우 32°C에서 177.7마리로 가장 많았다. 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레 암컷 약충은 12°C에서 정상적인 발육을 하지 못하였으며 14°C에서 184.9일로 발육기간이 가장 길었으며, 28°C에서는 21.5일로 가장 짧았다. 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레 암컷 성충수명은 28°C에서 51.5일로 가장 짧았으며, 산자수의 경우 28°C에서 143.8마리로 가장 많았다. 세대순증가율(R_0)과 내적자연증가율(r_m)은 긴꼬리가루깍지벌레는 각각 32°C에서 162.3, 0.127이며, 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레는 각각 28°C에서 98.3, 0.139로 가장 크게 나타났다. 따라서, 긴꼬리가루깍지벌레와 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레의 최적 온도는 각각 32°C와 28°C로 판단되며 국내에서의 월동은 불가능한 것으로 보인다.

검색어: 긴꼬리가루깍지벌레, 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레, 세대순증가율, 내적자연증가율

*Corresponding author: khkim@cbnu.ac.kr

Received January 24 2018; Revised March 13 2018

Accepted May 1 2018

가루깍지벌레류(Mealybug)는 일반적으로 식물체의 즙액을 빨아먹고, 감로를 분비하여 그을음병을 유발하는 심각한 피해를 일으킨다(Ben-Dov, 1994; Mani and Shivaraju, 2016). 그 중에서 긴꼬리가루깍지벌레(*Pseudococcus longispinus*)는 노린재목, 진딧물아목, 깍지벌레상과, 가루깍지벌레과(Pseudococcidae)에 속하는 해충으로 열대 및 아열대 지역에서는 야외에서도 발생되며, 온대지역에서는 온실에서만 발생하는 것으로 알려져 있다. 주요 기주식물로는 행운목, 드라세나, 벤자민, 관음죽, 파키라, 폴리아시스, 홍콩대엽 등의 관엽식물과 감귤류, 감, 아보카도, 구아바, 배, 그리고 포도 등 과실류를 포함하여 약 78과의 식물이 기주식물로 기록될 만큼 광식성 해충이다(CABI, 2007). 국내에서는 2002년 긴꼬리가루깍지벌레의 분류 key로 처음 보고가 되었고(Kwon et al., 2002), 그 당시 긴꼬리가루깍지벌레를 채집한 곳은 서울 서초구 양재동(기주: 파키라, 드라세나), 경기 고양시 장항동(기주: 드라세나), 성남시 상적동(폴리아시스, 드라세나), 금토동(unknown host plant), 강원도 원주시 관설동(unknown host plant), 경남 김해시 봉황동(unknown host plant) 등에서 채집했다고 보고되었다. 그러나 긴꼬리가루깍지벌레는 식물방역법상 검역병해충으로 지정되어 있어 긴급방제를 통해 박멸한 이후 추가적인 발생보고가 전혀 없다가 2015년에 국내에서 최초로 호접란(팔레놉시스)에서의 발생이 보고되었다(Kim et al., 2015).

붉은몸긴꼬리가루깍지벌레(*P. orchidicola*)는 본 연구진이 긴꼬리가루깍지벌레의 국내 분포조사를 하던 중 형태가 아주 유사한 꼬리가 긴 가루깍지벌레류가 추가적으로 발견이 되어 슬라이드 동정과 함께 세포 내 미토콘드리아의 COI 부위를 PCR하여 염기서열을 분석한 결과 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레임을 밝혔다(Koo et al., 2017). 실제로 채집 조사를 수행한 결과, 긴꼬리가루깍지벌레가 귤에가루깍지벌레(*P. citriculus*), 가루깍지벌레(*P. comstocki*), 그리고 귤가루깍지벌레(*Pla. citri*) 등과는 형태가 많이 다르므로(육안으로 식별 가능한 긴 꼬리 한 쌍) 혼동될 우려는 없었다. 반면, 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레는 그 동안 긴꼬리가루깍지벌레와 함께 혼재되어 왔음을 보고하였다(Koo et al., 2017). 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레는 Takahashi (1939)에 의해 처음 보고되었고 기주식물은 긴꼬리가루깍지벌레와 거의 유사한 것으로 알려져 있다(Takahashi, 1939).

해충 방제 시기 결정과 효과적인 예찰을 위해서는 온도별 발육 모델이 필수적인데, 깍지벌레류 관련 온도별 발육특성 국내 연구로는 뽕나무깍지벌레(*Pseudaulacaspis pentagona*)의 온도별 발육(Park and Kim, 1990), 가루깍지벌레(*P. comstocki*) 월동알의 온도발육 및 온도별 발육기간(Jeon et al., 1996; 2003), 화살깍지벌레(*Unaspis yanonensis*) 여름세대 성충의 산란특성

(Kim et al., 2013) 등이 보고되어 있다. 그러나 긴꼬리가루깍지벌레와 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레의 국내에서의 분포조사 자료가 최초인 만큼 이 두 종에 대한 온도별 발육특성에 대한 자료는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 긴꼬리가루깍지벌레와 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레를 대상으로 국내 분포 정도를 조사하였고, 조사를 통해 채집한 이 두 종은 실내사육 체계를 확립하여 온도별 발육특성을 비교 분석하였다.

재료 및 방법

조사지역 및 방법

2015년부터 2017년까지 3년간 전국에 있는 관엽식물(행운목, 음죽, 마지나타, 팔손이, 해피트리 등) 및 과채류(감, 감귤류, 배, 사과, 포도, 토마토 등)을 대상으로 조사하였다. 조사지역은 서울×인천×경기, 세종×충북, 대전×충남, 대구×경북, 부산×울산×경남, 전북, 광주×전남, 강원, 그리고 제주지역의 관엽식물 대량 재배단지 및 건물 안을 포함하여 총 281 지점, 그리고 과채류는 주 생산 지역을 중심으로 666 지점에서 조사하였다. 육안 조사를 통하여 긴꼬리가루깍지벌레와 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레의 발생 유무를 파악하였고 발견된 성충은 채집하여 중 동정 후 실내사육에 사육하였다.

실험곤충 사육

분포조사를 하며 2015년 6월 충남 공주시에서 채집한 긴꼬리가루깍지벌레와 울산광역시에서 채집한 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레는 싹 난 감자를 기주(EI-Minshawy et al., 1974)로 하여 생육상(SANYO, Osaka, Japan)내에서 습도 50±5%, 광주기 16L : 8D 조건으로 누대사육 하였으며 온도를 다양하게 하여 발육특성을 관찰하였다.

온도별 발육기간, 성충수명 및 산자수 조사

긴꼬리가루깍지벌레와 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레의 각 발육단계별 발육기간은 12, 14, 16, 20, 24, 28 그리고 32°C 로 설정된 생육상을 이용하여 실시하였으며 습도와 광주기는 일반 사육과 동일한 조건에서 수행 하였다. 먼저, 35 mm 디쉬에 감자싹을 넣어주고 암컷 1마리와 수컷 4마리를 넣고 매일 산자수를 조사하였다(60반복). 산자수는 눈에 띄는 알 단계가 없기 때문에(Goolsby, 1996) 매일 1령 약충수를 조사하였다. 또한, 긴

꼬리가루깍지벌레 및 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레 유충이 탈피를 해서 2령이 되면 관찰 편의를 위해 감자를 5 mm 두께로 자르고 건조시켜 그 위로 옮겨 조사하였다. 긴꼬리가루깍지벌레와 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레의 온도별 유의성 비교는 IPM SPSS statistics 23.0 (IBM Corporation, 2015)을 이용하여 Tukey's 다중검정을 통해 평가하였다.

생명표 통계량 추정

긴꼬리가루깍지벌레와 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레 약충에 대한 회귀직선은 처리온도와 발육율(1/발육기간)간의 직선 회귀식을 구하여 작성하였으며, SAS (SAS Institute, 2003)를 이용하여 분석하였다. 이 식을 이용하여 발육율이 0이 되는 온도를 추정하여 발육영점온도를 구하였으며 발육에 필요한 온량(적산온도)은 기율기의 역수값(1/a)으로 추정하였다. 또한, 총 수명(일수)을 x , 암컷 성충의 일수별 생존율을 l_x , 암컷 성충의 일수별 산자수를 m_x 라고 했을 때 세대기간(T)은 $\sum x l_x m_x / R_0$, 순 증가율(R_0)은 $\sum l_x m_x$, 그리고 내적자연증가율(r_m)은 $\log_e R_0 / T$ 로 계산하였다(Price, 1997). 성비는 0.5의 비율로 하였다.

결 과

지역별 분포조사

2015년부터 2017년까지 3년간 관엽식물 재배지(주로 실내) 281지점과 과채류 재배지(주로 실외) 666지점을 전국적으로

조사하였다. 그 결과 관엽식물에서 긴꼬리가루깍지벌레와 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레는 2015년 163지점 중 각각 28과 63지점, 2016년 46지점 중 각각 4와 20지점, 2017년 72지점 중 각각 2와 4지점에서 발견이 되었다(Table 1). 긴꼬리가루깍지벌레보다 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레가 52지점에서 더 많이 발견이 되었다. 또한 한 기주에 이 두 종이 공존하더라도 시간이 지나면 긴꼬리가루깍지벌레는 사라지고 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레만이 발견되어 이 종이 우점종인 것으로 관찰되었다. 제주지역은 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레가 5지점에서 발견되었지만 긴꼬리가루깍지벌레는 발견되지 않았다. 그러나 울릉도 지역은 두 종 모두 발견 되지 않았다. 또한, 과수에서는 이 두 종 모두 발견되지 않았다(Table 2).

온도별 발육기간

긴꼬리가루깍지벌레 약충의 온도별 발육기간은 Table 3과 같다. 암컷 약충의 경우 발육기간은 32°C에서 39.0일로 가장 짧았으며, 16°C에서 361.4일로 가장 길었다. 수컷 약충의 경우 32°C에서 34.1일로 가장 짧았으며 20°C에서 80.8일로 가장 길었다. 또한 14°C에서는 정상적인 발육을 하지 못하였다. 따라서 긴꼬리가루깍지벌레의 발육 최적 온도는 32°C인 것으로 판단된다.

붉은몸긴꼬리가루깍지벌레 약충의 온도별 발육기간은 Table 4와 같다. 암컷 약충의 발육기간은 28°C에서 21.5일로 가장 짧았으며 14°C에서 184.9일로 가장 길었으며, 12°C에서는 정상적인 발육을 하지 못하였다. 수컷 약충의 경우 28°C에서 23.1일

Table 1. Distribution of *P. longispinus* and *P. orchidicola* in tropical plants from 2015 to 2017

| Location | 2015 | | | 2016 | | | 2017 | | |
|---------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|-----------------------|-----------------|
| | No. of survey sites | <i>longis.</i> | <i>orchidi.</i> | No. of survey sites | <i>longis.</i> | <i>orchidi.</i> | No. of survey sites | <i>longis.</i> | <i>orchidi.</i> |
| | | No. of observed sites | | | No. of observed sites | | | No. of observed sites | |
| Gyeonggi (Seoul, Incheon) | 17 | 7 | 8 | 4 | 1 | 4 | 11 | 0 | 0 |
| Chungbuk (Sejong) | 33 | 3 | 11 | 15 | 1 | 3 | 11 | 1 | 2 |
| Chungnam (Daejeon) | 23 | 3 | 12 | 11 | 1 | 3 | 15 | 0 | 0 |
| Gyeongbuk (Daegu) | 15 | 6 | 4 | 2 | 0 | 1 | 17 | 1 | 0 |
| Gyoungnam (Busan, Ulsan) | 36 | 3 | 21 | 6 | 1 | 5 | 4 | 0 | 1 |
| Jeonbuk | 4 | 1 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| Jeonnam (Gwangju) | 18 | 3 | 2 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| Gangwon | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| Jeju | 15 | 0 | 3 | 2 | 0 | 2 | 7 | 0 | 0 |
| Total | 163 | 28 | 63 | 46 | 4 | 20 | 72 | 2 | 3 |

Table 2. Distribution of *P. longispinus* and *P. orchidicola* in fruit plants from 2015 to 2017

| Host plant | Location | 2015 | | | 2016 | | | 2017 | | |
|---|---------------------------|---------------------|-------|--|---------------------|-------|--------------------------------------|---------------------|-------|----------------------------------|
| | | No. of survey sites | Found | Other species | No. of survey sites | Found | Observed species | No. of survey sites | Found | Observed species |
| <i>Diospyros kaki</i> | Gyeonggi (Seoul, Incheon) | 1 | no | <i>Asiacornococcus kaki</i> | 25 | no | <i>Asiacornococcus kaki</i> , | 19 | no | <i>Asiacornococcus kaki</i> , |
| | Chungbuk (Sejong) | 2 | no | | 73 | no | <i>Ricania shantungensis</i> , | 8 | no | <i>Ceroplastes japonicus</i> , |
| | Chungnam (Daejeon) | 1 | no | | 30 | no | <i>Ceroplastes japonicus</i> , | 31 | no | <i>Ricania shantungensis</i> , |
| | Gyeongbuk (Daegu) | 2 | no | | 56 | no | <i>Tetranychus urticae</i> , | 27 | no | <i>Zorka sp.</i> , |
| | Gyoungnam (Busan, Ulsan) | 1 | no | | 32 | no | <i>Ceroplastes pseudoceriferus</i> , | 77 | no | <i>Stathmopoda masinissa</i> |
| | Jeonbuk | 1 | no | | 19 | no | <i>Metcalfa pruinosa</i> , | 7 | no | |
| | Jeonnam (Gwangju) | 4 | no | | 32 | no | <i>Pseudaulacaspis cockerelli</i> | 12 | no | |
| | Gangwon | 3 | no | | 38 | no | | 2 | no | |
| | Jeju | 1 | no | | 16 | no | | 2 | no | |
| | Total | 16 | 0 | | 321 | 0 | | 185 | 0 | |
| <i>Pyrus pyrifolia</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Malus pumila</i> , <i>Vitis vinifera</i> , and others | Gyeonggi (Seoul, Incheon) | 7 | no | <i>Icerya purchasi</i> <i>Maskell</i> , | 4 | no | <i>Pseudococcus comstocki</i> , | 8 | no | <i>Trialeurodes vaporariorum</i> |
| | Chungbuk (Sejong) | 26 | no | <i>Pseudococcus comstocki</i> , | 1 | no | <i>Pseudococcus cryptus</i> | 6 | no | |
| | Chungnam (Daejeon) | 12 | no | <i>Lecanium corni</i> | 2 | no | | 1 | no | |
| | Gyeongbuk (Daegu) | 17 | no | | 2 | no | | 4 | no | |
| | Gyoungnam (Busan, Ulsan) | 9 | no | | 5 | no | | 3 | no | |
| | Jeonbuk | 1 | no | | 3 | no | | 1 | no | |
| | Jeonnam (Gwangju) | 1 | no | | 1 | no | | 2 | no | |
| | Gangwon | 4 | no | | 4 | no | | 11 | no | |
| | Jeju | 7 | no | | 1 | no | | 1 | no | |
| | Total | 84 | 0 | | 23 | 0 | | 37 | 0 | |

Table 3. Developmental periods of *P. longispinus* nymphs at different temperatures

| Sex | Temp. (°C) | N | Instar (days) | | | | Nymphal period (days ± SD) |
|-----|------------|----|--------------------------|----------------|---------------|-------------|----------------------------|
| | | | 1st | 2nd | 3rd | 4th | |
| ♂ | 20 | 60 | 26.2 ± 2.5c ^a | 27.3 ± 3.7c | 14.7 ± 2.1c | 12.6 ± 4.0d | 80.8 ± 5.8d |
| | 24 | 60 | 18.1 ± 1.9b | 18.2 ± 2.9b | 7.6 ± 2.4b | 8.6 ± 2.0c | 52.5 ± 4.7c |
| | 28 | 60 | 17.8 ± 2.7b | 17.3 ± 2.8b | 6.8 ± 1.6b | 7.3 ± 2.1b | 49.2 ± 5.1b |
| | 32 | 60 | 12.3 ± 2.3a | 11.8 ± 3.4a | 5.2 ± 2.2a | 4.9 ± 2.1a | 34.1 ± 5.2a |
| ♀ | 14 | 60 | 143.7 ± 29.7d | - ^b | - | - | - |
| | 16 | 60 | 98.4 ± 26.7c | 130.4 ± 39.5c | 132.6 ± 32.1c | - | 361.4 ± 51.0d |
| | 20 | 60 | 26.1 ± 4.9b | 24.1 ± 3.0b | 24.8 ± 4.0b | - | 74.9 ± 6.2c |
| | 24 | 60 | 18.5 ± 4.8ab | 18.4 ± 4.0ab | 18.2 ± 4.1ab | - | 55.1 ± 5.9b |
| | 28 | 60 | 18.1 ± 4.2ab | 17.8 ± 3.2ab | 18.3 ± 1.8ab | - | 54.1 ± 6.5b |
| | 32 | 60 | 12.5 ± 3.5a | 12.8 ± 2.5a | 13.8 ± 3.6a | - | 39.0 ± 6.1a |

^aMeans followed by the same letters are not significantly different ($p=0.05$; Tukey's studentized range test (IPM SPSS statistics 23.0 (IBM corporation, 2015))).

^bNot developed.

Table 4. Developmental periods of *P. orchidicola* nymphs at different temperatures

| Sex | Temp. (°C) | n | Instar (days) | | | | Nymphal period (days ± SD) |
|-----|------------|----|--------------------------|---------------|----------------|-------------|----------------------------|
| | | | 1st | 2nd | 3rd | 4th | |
| ♂ | 20 | 60 | 15.5 ± 2.9b ^a | 12.4 ± 2.1b | 5.8 ± 1.7b | 7.4 ± 2.5c | 41.1 ± 3.9b |
| | 24 | 60 | 7.8 ± 2.8a | 7.1 ± 1.7a | 4.8 ± 2.0a | 4.2 ± 2.1ab | 23.9 ± 4.9a |
| | 28 | 60 | 7.8 ± 3.3a | 7.1 ± 2.7a | 4.8 ± 1.5a | 3.4 ± 1.7a | 23.1 ± 4.3a |
| | 32 | 60 | 18.5 ± 4.3c | 12.9 ± 3.2b | 5.9 ± 2.1b | 4.6 ± 1.9b | 41.8 ± 5.5b |
| ♀ | 12 | 60 | 76.7 ± 28.6e | 119.3 ± 36.0e | - ^b | - | - |
| | 14 | 60 | 53.9 ± 21.2d | 68.7 ± 16.8d | 62.3 ± 15.4c | - | 184.9 ± 35.4e |
| | 16 | 60 | 42.9 ± 19.9c | 23.5 ± 4.4c | 18.5 ± 5.3b | - | 84.9 ± 22.7d |
| | 20 | 60 | 17.3 ± 3.3b | 11.7 ± 2.8ab | 10.3 ± 3.2a | - | 39.4 ± 5.9b |
| | 24 | 60 | 8.5 ± 2.8a | 8.0 ± 3.1a | 8.0 ± 2.5a | - | 24.6 ± 5.1a |
| | 28 | 60 | 7.7 ± 2.6a | 6.7 ± 1.8a | 7.1 ± 2.2a | - | 21.5 ± 4.2a |
| | 32 | 60 | 19.4 ± 5.2b | 17.4 ± 3.4bc | 15.5 ± 2.9b | - | 52.2 ± 7.2c |

^aMeans followed by the same letters are not significantly different ($p=0.05$; Tukey's studentized range test (IPM SPSS statistics 23.0 (IBM corporation, 2015))).

^bNot developed.

로 가장 짧았으며, 20°C와 32°C에서 약 41일로 길었다. 이와 같이 온도가 낮을수록 발육기간이 길어지다 28°C에서는 발육기간이 가장 짧았지만 32°C에서 다시 발육기간이 길어지는 것을 볼 수 있다. 따라서 붉은몸긴꼬리가루까지벌레는 긴꼬리가루까지벌레보다 발육기간이 훨씬 짧은 것을 볼 수 있으며 발육 최적 온도는 28°C인 것으로 판단된다.

성충수명 및 산자수 조사

긴꼬리가루까지벌레 성충의 온도별 수명과 산자수는 Table 5와 같다. 암컷 성충의 수명은 20°C에서 121.1일로 가장 길었으며 28°C에서 71.7일로 가장 짧았으며 수컷 성충의 수명은 대체적으로 암컷보다 훨씬 짧았다. 산자수는 20°C에서 1마리당 61.7개로 가장 적었으며 32°C에서 177.7개로 가장 많았다. 주수별 생존율 곡선을 보면 3주째부터 생존율이 떨어지기 시작했

으며 6주째부터 급격하게 감소하는 것을 볼 수 있다(Fig. 1A). 그러나 20°C의 경우 11주째부터 생존율이 감소하기 시작했다. 주수별 산자곡선을 보면 대부분 암수 교미 후 2주째부터 산자를 시작 하였으며 3주째부터 급격하게 증가하여 20°C를 제외한 나머지 온도에서는 5~7주째 사이에 최고점을 나타내었다 (Fig. 1B).

붉은몸긴꼬리가루까지벌레 성충의 온도별 수명과 산자수는 Table 6과 같다. 암컷 성충의 수명은 20°C에서 91.6일로 가장 길었으며 28°C에서 51.5일로 가장 짧았다. 암컷 성충 1마리당 산자수는 32°C에서 21.4개로 가장 적었으며, 28°C에서 143.8개로 가장 많았다. 주수별 생존율 곡선을 보면 3주째부터 생존율이 떨어지기 시작하였으며, 28°C는 3주, 24°C는 6주, 20°C와 32°C는 8주째부터 생존율이 급격하게 감소하기 시작하였다(Fig. 1C). 주수별 산자곡선을 보면 교미 후 2주째부터 산자를 시작하였으며 3~6주째 사이에 최고점을 나타냈다(Fig. 1D).

Table 5. Adult longevity of *P. longispinus* at different temperatures

| Temp. (°C) | n | Longevity (days) | | No. of offspring/♀ (Means ± SD) |
|------------|----|----------------------------|------------|---------------------------------|
| | | ♀ | ♂ | |
| 20 | 60 | 121.1 ± 24.7c ^a | 8.1 ± 2.2b | 61.7 ± 31.5a |
| 24 | 60 | 82.8 ± 24.5ab | 7.8 ± 1.8b | 132.6 ± 36.5b |
| 28 | 60 | 71.7 ± 25.0a | 7.4 ± 2.0b | 156.4 ± 44.8c |
| 32 | 60 | 94.6 ± 31.7b | 4.8 ± 1.9a | 177.7 ± 40.9d |

^aMeans followed by the same letters are not significantly different ($p=0.05$; Tukey's studentized range test (IPM SPSS statistics 23.0 (IBM corporation, 2015))).

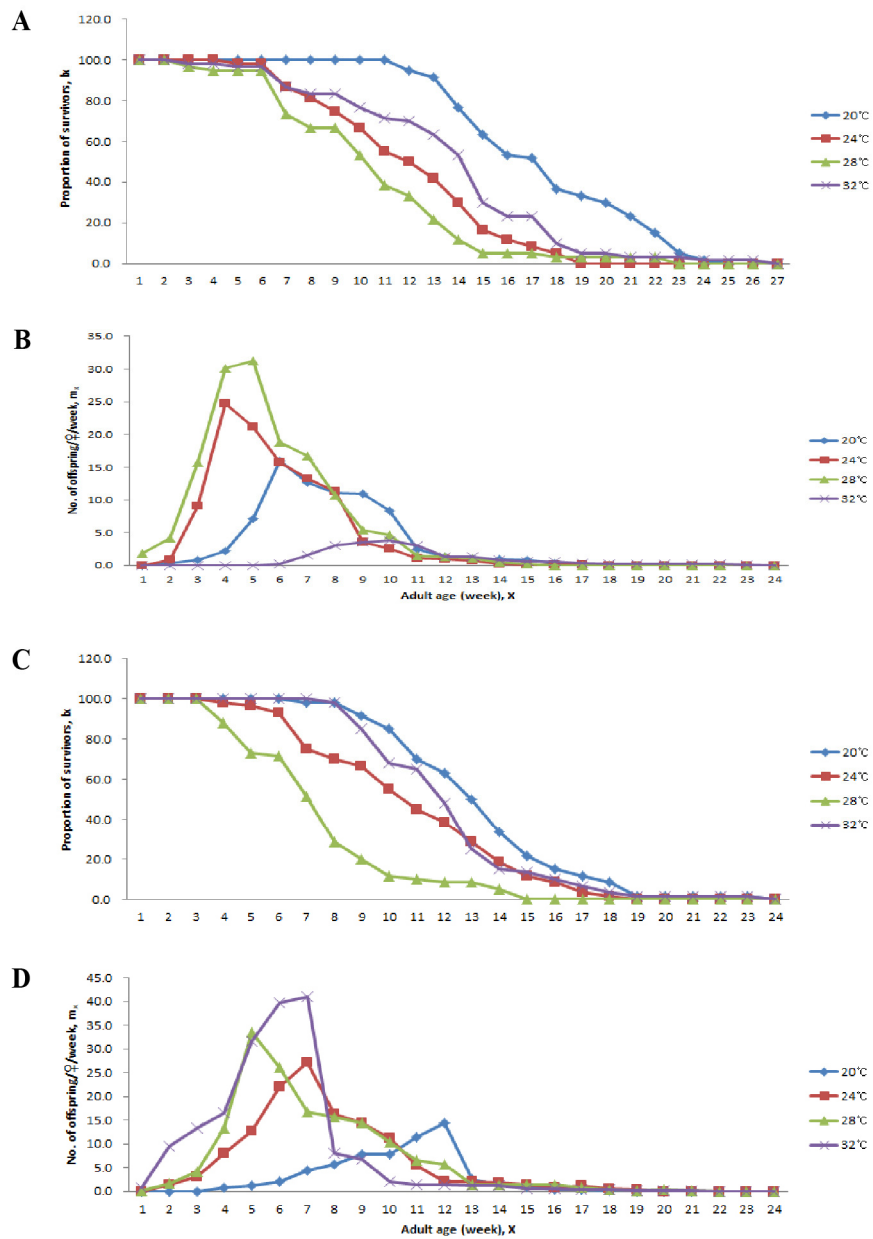


Fig. 1. Cumulative survival rates (A and C) and weekly change (B and D) in the number of offspring of the female *P. longispinus* (A and B) and *P. orchidicola* (C and D) at different temperatures.

Table 6. Adult longevity and fecundity of *P. orchidicola* adults at different temperatures

| Temp. (°C) | n | Longevity (days ± SD) | | No. of offspring/♀ (Mean ± SD) |
|------------|----|---------------------------|------------|--------------------------------|
| | | ♀ | ♂ | |
| 20 | 60 | 91.6 ± 21.9c ^a | 6.6 ± 1.9b | 76.6 ± 24.9b |
| 24 | 60 | 74.9 ± 25.0b | 3.4 ± 1.2a | 105.7 ± 27.4c |
| 28 | 60 | 51.5 ± 20.1a | 3.2 ± 1.6a | 143.8 ± 31.6d |
| 32 | 60 | 84.1 ± 20.6bc | 3.6 ± 2.2a | 21.4 ± 7.3a |

^aMeans followed by the same letters are not significantly different ($p=0.05$; Tukey's studentized range test (IPM SPSS statistics 23.0 (IBM corporation, 2015))).

Table 7. Regress of developmental velocity (V) on temperature (t), the developmental zero point (T) and the total effective temperature (K) for development of nymph stage of *P. longispinus* and *P. orchidicola*

| Insect | Sex | Regression equation | T (°C) | K (degree day) |
|-----------------------|-----|----------------------|--------|----------------|
| <i>P. longispinus</i> | ♀ | V = 0.0013t - 0.0149 | 11.46 | 769.2 |
| | ♂ | V = 0.0013t - 0.0136 | 10.46 | 769.2 |
| <i>P. orchidicola</i> | ♀ | V = 0.0031t - 0.0368 | 11.87 | 322.6 |
| | ♂ | V = 0.0024t - 0.0204 | 8.5 | 416.7 |

Table 8. Comparison life-table parameters of *P. longispinus* and *P. orchidicola* under various temperatures

| Insect | Temp. (°C) | Net reproductive rate per generation (R_0) | Mean generation time in day (T) | Intrinsic rate of natural increase (r_m) |
|-----------------------|------------|--|---------------------------------|--|
| <i>P. longispinus</i> | 20 | 59.6 | 70.5 | 0.058 |
| | 24 | 108.2 | 48.8 | 0.096 |
| | 28 | 118.4 | 44.2 | 0.108 |
| | 32 | 162.3 | 40.0 | 0.127 |
| <i>P. orchidicola</i> | 20 | 70.4 | 52.0 | 0.082 |
| | 24 | 92.2 | 37.9 | 0.119 |
| | 28 | 98.3 | 33.0 | 0.139 |
| | 32 | 13.7 | 65.5 | 0.040 |

이상의 결과를 보면 긴꼬리가루깍지벌레의 생식 최적 온도는 28~32°C, 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레의 생식 최적 온도는 28°C 인 것으로 보인다.

생명표 통계량

긴꼬리가루깍지벌레와 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레의 발육 영점온도와 유효적산온도 분석결과는 Table 7과 같다. 먼저, 긴꼬리가루깍지벌레의 발육영점온도 및 유효적산온도는 암컷의 경우 각각 11.46°C, 769.2DD (degree day)였으며, 수컷의 경우 각각 10.46°C, 769.2DD였다. 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레의 발육영점온도 및 유효적산온도는 암컷의 경우 각각 11.87°C, 322.6DD이며, 수컷의 경우 각각 8.5°C, 416.7DD였다.

온도에 따른 긴꼬리가루깍지벌레와 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레의 생명표 분석 결과는 Table 8과 같다. 순증가율(R_0)은 긴꼬리가루깍지벌레의 경우 20°C에서 59.6으로 가장 낮았으며, 32°C에서 162.3으로 가장 높았다. 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레의 경우 32°C에서 13.7로 가장 낮았으며, 28°C에서 98.3으로 가장 높았다. 세대기간(T)은 긴꼬리가루깍지벌레의 경우 20°C에서 70.5일, 32°C에서 40일로 온도가 높아질수록 짧아지는 것을 볼 수 있으며, 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레의 경우 20°C에서 52.0일, 28°C에서 33.0일로 온도가 높아질수록 짧아졌다 32°C

에서는 65.5일로 다시 세대기간이 길어졌다. 내적자연증가율 (r_m)은 긴꼬리가루깍지벌레의 경우 20°C에서 0.058로 가장 낮았으며, 32°C에서 0.127로 가장 높았다. 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레의 경우 32°C에서 0.040로 가장 낮았으며, 28°C에서 0.139로 가장 높았다.

고찰

본 연구에서는 2002년 처음 보고된 이후 발생보고가 전혀 없다가 2015년에 발생보고가 된 긴꼬리가루깍지벌레를 대상으로 국내 분포 정도를 전국적으로 조사하였고, 이와 함께 발견된 붉은몸긴꼬리가루깍지벌레의 발생 여부와 온도별 발육특성을 국내 최초로 밝혔다.

최근 들어 참살이에 대한 인식이 높아지면서 공기정화식물 등 다양한 관엽식물의 수요가 급격히 증가하여 묘목 수입이 늘어나는 추세이며, 중국산 묘목에서 긴꼬리가루깍지벌레가 많이 발견됨으로써 이미 국내 관엽식물 대량재배단지에도 유입이 되어 전국적으로 보급, 확산됐을 가능성이 매우 높았다(Suh et al., 2013). 또한 수입산 바나나, 파인애플, 오렌지, 스위트, 레몬, 포도 등의 생과실과 입국 시 휴대하고 있던 생과실에서도 긴꼬리가루깍지벌레가 발견됨으로써 이미 전국적으로 확산되었음을 알 수 있다. 전국 관엽식물 재배지 및 건물 안 관상용 식

물이 있는 곳 281지점을 조사한 결과 34지점에서 긴꼬리가루 깍지벌레가 발견이 되었으며 87지점에서 붉은몸긴꼬리가루 깍지벌레가 발견이 되었고 이들의 공통점은 모두 특정 환경(온실 또는 따뜻한 실내)에서만 발견이 되었다는 것이다. 특히 국내 월동가능 여부를 파악하기 위해 두 번의 겨울(2015년, 2016년)을 지나면서 이듬해 5월까지 관찰을 하여 긴꼬리가루 깍지벌레와 붉은몸긴꼬리가루 깍지벌레의 생존여부를 조사한 결과 우리나라 실외에서는 월동이 불가능한 것으로 확인되었다. 또한 이 두 종은 국내 과채류에서는 전혀 발견되지 않은 점으로 보아 관엽식물에서만 서식하고 있는 것으로 판단된다. 한가지 재미있는 사실은 분포조사 중 한 기주에서 이 두 종이 함께 발견되었는데 어느 정도 시기가 지나 다시 관찰하였을 경우에는 긴꼬리가루 깍지벌레는 보이지 않고 붉은몸긴꼬리가루 깍지벌레만 서식하고 있는 것으로 보아 긴꼬리가루 깍지벌레보다 붉은몸긴꼬리가루 깍지벌레가 우점종임을 알 수 있었다. 이러한 결과는 온도별 발육특성 결과와 일치했다. 긴꼬리가루 깍지벌레의 경우 20, 24, 28 및 32°C에서 각각 61.7, 132.6, 156.4 및 177.7개의 산란을 하였으며 암컷 약충의 수명은 74.9, 55.1, 54.1, 39.0일이며, 수컷 약충 수명은 80.8, 52.5, 49.2 및 34.1일로 저온에서 긴 수명을 갖는 것으로 나왔으며(Table 5) 이는 이집트에서 연구된 자료와는 차이가 있었다(El-Minshawy et al., 1974). 긴꼬리가루 깍지벌레 암컷은 1령, 2령, 3령의 세 단계로 나뉘며 수컷은 1령, 2령, 3령(pre-pupa), 4령의 네 단계로 나뉜다. 특이한 점은 눈에 띄는 알 단계가 없으며 산란 즉시 부화한다(Goolsby, 1996). 이러한 발육단계별 특징은 붉은몸긴꼬리가루 깍지벌레에서도 동일하게 나타났다. 붉은몸긴꼬리가루 깍지벌레는 Takahashi (1939)에 의해 처음으로 보고가 되었으며, 동양에서는 긴꼬리가루 깍지벌레와 함께 인도에서 최초로 보고되었다(Koya et al., 1996; Devasahayam, 2000). 하지만 온도에 대한 발육특성 연구는 전 세계적으로 거의 수행되지 않았다. 긴꼬리가루 깍지벌레와 붉은몸긴꼬리가루 깍지벌레는 아주 유사한 형태를 가지고 있지만 온도에 따른 발육기간은 조금의 차이를 보였다. 또한 긴꼬리가루 깍지벌레 암컷의 이론상 발육영점 온도는 11.46°C, 붉은몸긴꼬리가루 깍지벌레는 11.87°C로 나왔으나 실제 실험한 결과로는 긴꼬리가루 깍지벌레와 붉은몸긴꼬리가루 깍지벌레는 각각 14°C와 12°C에서 정상적인 발육을 하지 못하였다. 대부분의 가루 깍지벌레의 경우 월동알로 월동을 하지만(Jeon et al., 1996) 긴꼬리가루 깍지벌레와 붉은몸긴꼬리가루 깍지벌레의 경우 눈에 띄는 알 단계가 없으며 우리나라 겨울 평균 온도에서는 발육을 하지 못하는 것으로 판단되어져 국내에서의 월동은 불가능한 것으로 보여진다. 또한 유효적산온도가 긴꼬리가루 깍지벌레 및 붉은몸긴꼬리가루 깍지벌레 암컷이 각각

769.2DD, 322.6DD로 야외(청주 연평균 기준)에서의 발생세대수를 추정해보면, 긴꼬리가루 깍지벌레의 경우 2.8세대, 붉은몸긴꼬리가루 깍지벌레의 경우 6.4세대 발생으로 긴꼬리가루 깍지벌레 보다 붉은몸긴꼬리가루 깍지벌레가 2배 이상 높았다. 하지만 온도가 유지되는 실내에서 발육을 할 경우에는 그 이상으로 보여진다.

본 연구는 긴꼬리가루 깍지벌레와 붉은몸긴꼬리가루 깍지벌레의 국내 분포 및 온도별 발육특성을 처음으로 보고하는 것으로써 이 두 종의 발생 생태를 이해하는데 유용하게 이용될 수 있으며, 향후 방제전략 수립 기초자료로써의 활용이 기대된다.

사 사

본 연구는 2015년 농림축산검역본부 용역사업의 지원을 받아 수행되었다.

Literature Cited

- Ben-Dov, Y., 1994. A systematic catalogue of the mealybugs of the world (Insecta: Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae and Putoidea) with data on geographical distribution, host plants, biology and economic importance. Intercept Ltd, 686 pp.
- CABI., 2007. Crop protection compendium (Available online at: <http://www.cabicompium.org/cpc/>).
- Devasahayam, S., 2000. Indian institute of spices research, Kozhikode-673012, Kerala. Black Pepper: *Piper nigrum*, 309 pp.
- El-Minshawy, A.H., Karam, H.H., El-Sawaf, S.K., 1974. Biological studies on the long tailed mealy bug, *Pseudococcus longispinus* (Targ. and Tozzeti) (Homoptera: Pseudococcidae). Bull. Entomol. Soc. Egypt 58, 385-391.
- García Morales, M., Denno, B.D., Miller, D.R., Miller, G.L., Ben-Dov, Y., Hardy, N.B., 2016. ScaleNet: A literature-based model of scale insect biology and systematics. Database doi: 10.1093/database/bav118.
- Goolsby, J.A., 1996. Biological control of longtailed mealybug, *Pseudococcus longispinus* (Targioni-Tozzetti) (Homoptera: Pseudococcidae) in the interior plantscape. Texas A&M University.
- IBM Corp., 2015. Released IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. IBM Corp., Armonk, NY.
- Jeon, H.Y., Kim, D.S., Cho, M.R., Chang, Y.D., Yiem, M.S., 2003. temperature-dependent development of *Pseudococcus comstocki* (Homoptera: Pseudococcidae) and its stage transition models. Korean J. Appl. Entomol. 42, 43-51.
- Jeon, H.Y., Kim, D.S., Yiem, M.S., Lee, J.H., 1996. Modeling temperature-dependent development and hatch of overwintered eggs of *Pseudococcus comstocki* (Homoptera: Pseudococcidae).

- Korean J. Appl. Entomol. 35, 119-125.
- Kim, D.H., Cho, M.R., Kang, T.J., Yang, C.Y., Kim, H.H., Yoon, J.B., 2015. The status of pest occurrence on phalaenopsis orchid in Korea. Korean J. Appl. Entomol. 54, 345-349.
- Kim, S.B., Jang, Y.S., Kim, D.S., 2013. Temperature-dependent fecundity of summer generation adults of *Unaspis yanonensis* (Hemiptera: Diaspididae). Korean J. Appl. Entomol. 52, 29-33.
- Kim, S.C., Song, J. H., Kim, D.S., 2008. Effect of temperature on the development and fecundity of the cryptic mealybug, *Pseudococcus cryptus*, in the laboratory. J. Asia-Pac. Entomol. 11, 149-153.
- Koo, H.N., Kim, S., Lee, J.S., Kang, W.J., Cho, W.S., Kyung, Y.J., Seo, J.W., Kim, H.K., Kim, G.H., Cho, S., 2017. *Pseudococcus orchidicola* (Hemiptera: Pseudococcidae), a newly found mealybug pest, confused with *P. longispinus* in Korea. Entomol. Res. 47, 185-193.
- Koya, K.M., Devasahayam, S., Selvakumaran, S., Kallil, M., 1996. Distribution and damage caused by scale insects and mealy bugs associated with black pepper (*Piper nigrum* Linnaeus) in India. J. Entomol. Res. 20, 129-136.
- Kwon, G.M., Lee, S.H., Han, M.J., Goh, H.G., 2002. The genus *Pseudococcus* (Westwood) (Sternorrhyncha: Pseudococcidae) of Korea. J. Asia Pac. Entomol. 5, 145-154.
- Mani, M., Shivaraju, C., 2016. Mealybugs and their management in agricultural and horticultural crops. Springer, New Delhi.
- Miller, D.R., Gill, R.J., Williams, D.J., 1984. Taxonomic analysis of *Pseudococcus affinis* (Maskell), a senior synonym of *Pseudococcus obscurus* Essig, and a comparison with *Pseudococcus maritimus* (Ehrhorn). Proc. Entomol. Soc. Wash. 86, 703-713.
- Park, D.S., Leem, Y.J., Hahn, K.W., Suh, S.J., Hong, K.J., Oh, H.W., 2010. Molecular identification of mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) found on Korean pears. J. Econ. Entomol. 103, 25-33.
- Park, J.D., Kim, K.C., 1990. Effect of temperature on development and the distribution within trees of mulberry scale, *Pseudaulacaspis pentagona*. Korean J. Appl. Entomol. 29, 238-243.
- Price, W.P., 1997. Insect ecology, third Ed. John Wiley and Sons, New York.
- SAS Institute, 2003. SAS/STAT user's guide: statistics, version 9.1. SAS Institute, Cary, NC.
- Seo, H.H., Lee, J.Y., Jung, H.W., 2010. Fruit appearance improvement by using filter-attached paper bags in 'Niitaka' pears. Hortic. Environ. Biotechnol. 51, 73-77.
- Suh, S.J., Yu, H.M., Hong, K.J., 2013. List of intercepted scale insects at Korean ports of entry and potential invasive species of scale insects to Korea (Hemiptera: Coccoidea). Korean J. Appl. Entomol. 52, 141-160.
- Takahashi, R., 1939. Some Aleyrodidae, Aphididae, and Coccidae from Micronesia (Homoptera). Tenthredo 2, 234-272.
- Williams, D.J., Gullan, P.J., 2010. Family-group names proposed in the family Pseudococcidae (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea). Zootaxa 2400, 66-68.