

국내 단감원에서 식나무각지벌레의 계절적 발생과 화학적 방제

정부근* · 이흥수 · 강동완 · 권진혁

경상남도농업기술원 친환경연구과

Seasonal Occurrences and Chemical Control of Oyster Scale, *Psuedaulacaspis cockerelli* (Hemiptera: Diaspididae) in Sweet Persimmon Orchards in Korea

Bu-Keun Chung*, Heung-Su Lee, Dong-Wan Kang and Jin-Hyeuk Kwon

Div. of Plant Environment, Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Services, Jinju 52733, Korea

ABSTRACT: An investigation was conducted to determine the characteristics of seasonal occurrences and effective insecticides for minimizing the occurrence of *Psuedaulacaspis cockerelli* in sweet persimmon orchards. Most of the nymphs or female scales that mated in mid-September overwintered on twigs, matured to lay eggs in the next spring in accordance with temperature increase, and survived till mid to late May to lay all of their eggs. Males mostly died after mating by the end of September, while the males on the fallen leaves died during the hibernating period. Egg laying in *P. cockerelli* showed differences in accordance with the weather conditions in each year. They laid eggs from mid-April to mid- or late May, with a peak in early or mid-May. A female was estimated to lay 160 eggs; eggs hatched a week later from the peak period of egg laying. In summer, egg laying started in early or mid-July and ended in mid- or late August, with a peak in late July or early August; a female laid approximately 130 eggs in summer. The estimated egg period was 4 days. The first generation nymph that hatched from the eggs laid by the overwintered female on twigs showed 10% occurrence on twigs and 90% on leaves. The first generation nymphs on twigs mostly developed into female scales. The occurrence of the second generation nymphs reached a peak on July 27, 2009; they lived on the twigs as their overwintering site from mid- or late August. The female and male scales on leaves developed at the similar rate as the first generation nymphs up to August. The occurrence of male scales indicated that the peak occurrence of nymphs was on August 12, 2009, male scales on August 27, and adults approximately on September 14, which showed steady relationship in the sequence of development from nymphs to adult males. Among the nymphs that occurred on the leaves on August 12, 75% of them emerged into male adults, mated, and died. Buprofezine+dinotefurn (20+15) WP treatment on June 9 and 16 resulted in 90.6% control of *P. cockerelli*, when mortality was checked 7 weeks after treatment.

Key words: Persimmon, *Psuedaulacaspis cockerelli*, Occurrence, Chemical control

초록: 단감원에서 식나무각지벌레의 발생을 최소화하고자 시기별 발생특성과 우수 방제약제를 선발하였다. 가지에서 월동한 약충이나 암컷 각지는 9월 중순경에 교미 후, 월동에 들어가며 다음 해 봄철에 기온상승과 더불어 포란과 산란의 과정을 거쳐, 5월 중하순까지 산란을 마친 후 죽었다. 수컷은 대부분 9월 말까지 우화하여 암컷과 교미하고 죽었으나 낙엽에서 월동하는 개체의 경우 모두 사멸하였다. 식나무각지벌레의 산란 특성은 매년 기상상황에 따라 차이가 있었고, 4월 중순부터 5월 중·하순까지 산란하고, 5월 초·중순에 산란 최성기를 보였다. 산란량은 160개 정도로 추정되며, 산란 최성기로부터 약 1주일 경과 후 부화 최성기를 보였다. 여름철에는 7월 초·중순에 시작하여 8월 중·하순까지 산란하고, 7월 말과 8월 초에 산란 최성기에 도달하며, 암컷 한 마리당 산란수는 봄철보다도 다소 적은 130개 정도이고, 난 기간은 약 4일로 추정되었다. 가는 가지에서 월동한 성충이 산란한 알로부터 부화한 1세대 약충은 가지와 잎에서 각각 10%, 90% 정도의 비율로 관찰되었다. 가는 가지에서 대부분 암컷 각지로 발육하고 2009년 7월 27일 2세대 약충 발생 최성기에 도달한 다음 8월 중·하순경부터 월동처로 정하고 살아간다. 암컷과 수컷 각지는 8월 이전까지 잎에서 거의 비슷한 비율로 발육하다가, 2009년 8월 12일 이후 잎에서 수컷의 약충 발생 최성기를 시작으로 8월 27일 수컷 각지벌레 발생 최성기, 9월 14일 전후로 수컷 성충의 발생에 이르기까지 일관된 발생관계를 관계를 보여주었다. 8월 12일 잎에서 관찰되는 약충 중 75% 정도는 발육하여 수컷으로 우화하여 교미하고 죽는 것으로 나타났다. Buprofezine+dinotefurn (20+15) WP로 6월 9일과 16일 2회 방제하고 7주 후에 생사충을 관찰한 결과 방제가가 90.6%로 나타났다.

검색어: 단감, 식나무각지벌레, 발생, 화학적 방제

*Corresponding author: bkchung55@gmail.com

Received June 25 2016; Revised October 3 2016

Accepted October 29 2016

우리나라의 단감원에서 주로 발생하는 깍지벌레는 식나무 깍지벌레, 감나무주머니깍지벌레, 뽕밀깍지벌레, 거북밀깍지벌레가 관찰된다(Chung, B.K., unpublished data). Han et al. (2002)은 감나무에 발생하는 깍지벌레로 감나무주머니깍지벌레를 비롯한 11종을 보고하였다. 감나무주머니깍지벌레(Park et al., 1993; Kwon et al., 1995; Kwon and Park, 2002)에 대한 발생생태, 화학적방제, 분류학적 재검토가 이루어졌고, 뽕밀깍지벌레(Park et al., 1990) 등에 대하여 기주범위, 발생과 발육 특성 등 생태가 보고된 바 있고, 거북밀깍지벌레에 대하여 Park et al. (1990)은 각 태 별 발생소장과 발육습성을 보고한 바 있으나, 식나무깍지벌레에 대한 보고는 없다. 주간이나 주지를 정기적으로 조피 작업하는 단감 재배 포장에서 감나무주머니깍지벌레는 거의 찾아보기 어렵고 뽕밀깍지벌레와 거북밀깍지벌레도 드물게 관찰된다. 그러나 식나무깍지벌레는 농가 별로 발생 밀도의 차이는 있으나 거의 모두 발생한다(Chung, B.K., unpublished data).

Suh (2015)는 우리나라에서 깍지벌레과(Diaspididae)의 깍지벌레족(Diaspidini)에서 *Pseudaulacaspis*속 깍지벌레로 해충으로 간주되고 있는 식나무깍지벌레(*P. cockerelli*), 뽕나무깍지벌레(*P. pentagona*)를 포함해 뽕나무깍지벌레(*P. prunicola*), *P. forsythia*, *P. nishikigi*, *P. kiushiuensis*, *P. latiloba*, 및 *P. ulmicola*로 보고된 가운데 이 중, *P. forsythiae*와 *P. nishikigi* 2종은 2006년부터 발견되지 않아 현재 우리나라에 총 6종이 발생하고 있는 것으로 추정된다.

식나무깍지벌레는 오미자(Ham et al., 2013), 단감, 망고 등 과수작물 뿐만이 아니고 극락화, 팜, 목련, 식나무, 담쟁이, 협죽도 등 화목류를 포함한 90여종의 식물을 가해한다. 식나무깍지벌레는 식물체를 흡즙하여 활력을 떨어뜨리고, 그 과정에서 독성이 있는 타액을 분비하여 식물체의 잎에 변색을 일으키며, 가해 받은 잎이나 과실조직은 변형이 생기고, 낙엽이 지며, 심지어 가는 가지가 말라 죽는다. 또한 흡즙과정에서 배설물은 잎에 그을음병을 유발하는 등 관상 가치를 떨어뜨린다. 식나무깍지벌레는 잎, 과실, 가지 등에 발생하며 과실의 껍질뿐만이 아니라 감 꼭지 부위에도 발생한다. 과실 껍질에 붙은 것을 기계적으로 제거하지 않는 한 압축공기 등의 수단으로 제거하기가 곤란하며 감 꼭지에 발생하는 경우 꼭지의 내·외부에 발생할 수 있고 이런 경우 검역과정 중에 발견될 수기 때문에 일차적으로 과수원 내에서 발생을 최소화하는 것이 무엇보다도 중요하다. 미국에서도 본 종이 플로리다주, 하와이주 등 남부지역에서 발생하고 있으나 캘리포니아 등 다른 주에서는 미국 내뿐만이 아니라 외국산 과실에 대하여도 확산을 우려하여 검역에 철저를 기하고 있다.

Beardsley and Gonzalez (1975)는 깍지벌레(armored scales)의 생물학적 특성과 생태에 대하여 포괄적으로 개관한 바 있다. Diaspididae과 암컷은 3령, 수컷은 5령을 경과한(Miller, 1991) 후 성충이 되며 생활사는 암수에 따라 다르다. 암컷은 부화하면 기어 다니는 이동성인 crawler (1령충)와 약충을 거쳐 성충이 되는 고착형의 불완전변태를 하고, 수컷은 암컷과 같은 crawler와 약충을 거쳐 번데기가 된 다음 우화하여 성충이 되는 이동형의 완전변태를 한다. 성충 암컷의 깍지는 굴 모양의 하얀색이고 끝에 황갈색의 점이 있고 크기는 대체로 2-3 mm 정도이다. Paik (1978)은 암컷 성충이 숙주식물, 기생부위에 따라 가느다란 것, 거의 원형에 가까운 것 등이 있고 뽕나무깍지벌레와 외관상 구분이 어려운 때도 있다 하였고 또한 기생부위가 나무껍질이나 잎이나에 따라 밀판의 주걱판과 중앙주걱판에서 변형이 있다고 하였다. 깍지를 벗겨내면 그 아래에 밝은 노랑색 층을 볼 수 있고, 살아있는 성충은 보통의 곤충과 달리 날개, 다리, 눈이 없다. 수컷 깍지는 길며 흰색이고, 성충은 진딧물 성충 모양의 적자색 체색을 띠고, 투명한 날개를 가지고, 선명한 검은색의 겹눈을 가지며, 길이가 약 1 mm 정도로 암컷 성충에 비해 훨씬 작다. 대개 수컷들은 많은 개체가 모여서 군서하고 있는 것이 종종 발견된다. 번데기에서 우화한 수컷의 생존기간은 수 시간에서 4일 정도 생존하고, 늦은 오후에 우화하여 암컷이 발산하는 페로몬에 유인되어 교미하는 것으로 추정된다(Beardsley and Gonzalez, 1975, Chung, B.K., unpublished data). 알은 암컷 성충의 깍지 아래에서 타원형의 노란색 알이 덩어리로 발견된다. Zhang et al. (2008)은 암컷 성충 1마리가 평균 52.2개의 알을 낳는다고 하였다. 알에서 부화한 1령 약충을 crawler라고 부르며 이 시기만 다리를 가진 약충기이다. 이들은 외부의 온도나 습도가 적당할 때까지 깍지 아래에서 수시간 머물 수도 있다. 1령충인 crawler 단계에서 깍지를 떠나 직접 기어서 이동하든가 기류를 통해 분산하다가(Miller, 2005) 목표지점인 잎이나 줄기에 도달하게 되면 구침을 박고 흡즙을 하면서 충체는 잎이나 줄기에서 편평해진 다음 깍지가 되는 물질을 분비하면서 정착한다.

단감 과실에서 발생한 식나무깍지벌레는 제거하기가 곤란하고 미관상 상품성 저하로 이어지며 수세를 떨어뜨려 농가를 어렵게 한다. 깍지벌레의 방제를 위해 현재 화학적방제가 주로 이루어지고 있으나 벌레가 깍지로 된 보호막을 형성하고 있어서 약제 침투가 곤란할 뿐만이 아니고 깍지 아래 충체가 죽었다고 하더라도 깍지가 쉽게 떨어지지 않으므로 약제의 약효에 대한 의혹이 생기고 불필요한 약제 살포로 인하여 농약잔류의 문제를 일으킬 수 있는 원인을 제공한다. 화학적 방제에서 더욱 정교한 방법은 깍지벌레의 발생생태에 근거를 둔 것으로 정기

적인 예찰에 근거하여 깍지벌레 약충이 알에서 부화하여 가해 장소로 이동하는 crawler 단계에서 살충제에 취약한 시기로서 아직 보호막인 깍지를 형성하기 전에 과밀지점에 대하여 방제하는 것이 천적보호와 방제효과 측면에서 중요하다. Reinert (1974)는 살충제 dimethoate로 4주 후에 방제하였다고 하며 8주 후에는 약 5%만 생존하고 있었다고 하였다. Hara et al. (1993)은 수출대상 식물체에 붙어있는 약충이나 성충을 열탕 침지법으로 방제하는 것을 제안하였다.

따라서 본 연구는 단감의 주요해충인 식나무깍지벌레의 과실 발생을 최소화하여 품질향상과 검역상 제기되는 문제를 해결하고자 발육특성과 우수약제를 선별하고자 수행하였다.

재료 및 방법

월동. 식나무깍지벌레의 월동특성을 조사하였다. 월동 태를 조사하기 위하여 단감나무에서 낙엽이 지고 있는 창원시 동읍의 농가 과수원을 2009년 11월 10일 방문하여 낙엽과 가지를 채취하였다. 낙엽과 가지에 있는 채집 개체수는 100마리 이상으로 하였고, 이때 가지는 약 4년생 이하의 가지를 기준으로 5개 정도였고 낙엽은 약 15장 내외였다. 월동기간 중 생존율 변화를 조사하기 위해 가지는 2009년 12월 2일부터 이듬해 6월 3일까지 낙엽은 5월 12일까지 진주시 문산읍 일원의 농가에서 일주일 간격으로 조사하였다. 조사대상 개체수는 30마리 이상 확보하였는데 가지의 경우 5~22개로부터 45~664마리를 채집하였으며 낙엽의 경우 15장으로부터 33~195마리를 채집하여 조사하였다. 깍지를 조사하면서 암컷이나 수컷의 형태적 특징이 명확하게 구분되는 경우에는 암컷, 수컷으로 구분하고 암컷인 경우 암컷 성충을 포함하고 수컷의 경우 성충은 우화하므로 수컷은 약충이거나 수컷번데기였고 발육이 미진하여 깍지로 구분이 곤란한 경우에는 약충으로 구분하였고 여기에 crawler 단계는 조사에 포함하지 않았다. 가지나 잎에 있는 월동충의 생사여부는 해부현미경 하에서 깍지를 제거하여 관찰하였다. 전년도에 약제 방제로 인해 검게 말라 죽은 경우는 조사대상에서 제외하였고 가능한 신초에 부착된 충체를 조사하였다.

산란과 부화. 2009년과 2010년의 봄과 여름에 성충의 산란과 깍지 아래에서 약충의 부화 변화를 진주시 문산면 일원의 농가에서 성충의 산란과 약충을 조사하였다. 일년생 가지 5개에서 발생하는 성충이 최소한 20마리 이상이 되도록 하여 채취하였다. 채취한 가지를 실내로 가져와서 실체현미경 아래에서 깍지벌레 성충을 대상으로 깍지벌레 당 산란 유무와 산란량, 깍지 아래에서 부화 약충의 수를 조사하였다.

가지와 잎에서 발육. 식나무깍지벌레의 발육을 조사하기 위하여 신초의 잎과 가지를 5~16개씩 채취하여 2009.5.27 ~ 11.4일까지 진주시 문산면 일원의 농가를 지정하여 3~10일 간격으로 조사하였다. 조사시기별 약충, 수컷, 암컷, 성충수컷의 발생비율을 실체현미경 아래에서 발육단계별로 100마리 이상씩 조사하였다. 본 시험에서 약충은 crawler를 제외하고 고착 단계부터 암컷 깍지나 수컷 깍지의 특징적인 외형의 여부에 따라 판정하였다. 이 시기에는 깍지가 없거나, 노란색에서 색상이 좀 더 짙은 주황색이나 어두운 붉은빛을 띤 개체들을 포함하였다.

방제. 식나무깍지벌레에 대한 방제시험은 경남 사천시 용현면 석계리 소재 단감(부유) 과수원에서 수행하였다. 시험에 사용한 살충제인 buprofezine+dinotefuran (25+15) WP 등 6종의 약제는 시중에서 구입하여 사용하였다. 약제처리는 2009년 6월 8일 사전밀도를 조사한 다음 날인 6월 9일 1차 방제한 후 6월 16일 2차 방제를 하였다. 처리 별 깍지벌레 생충수는 약제처리 전과 후에 거의 매주 간격으로 총 4회 조사한 다음, 약제처리 전으로부터 7주 후인 2009년 7월 21일에 최종 조사하여 약효를 비교 검토하였다. 생충율은 살아있는 생충 수를 사전밀도에 대한 비율로 산출하였다. 시험구획법은 완전임의배치법으로 하였으며, 반복 당 3구로 총 3반복으로 수행하였다. 각각의 나무별로 3가지의 신초를 실험단위로 하였고 이 실험단위들은 포장시험이 종료될 때까지 고유의 라벨을 가지고 있었다. 통계분석은 SAS 2012프로그램으로 ANOVA 분석을 한 후, 살충제 간 살충효력의 비교는 Tukey 검정법을 따랐다.

결과 및 고찰

월동. 월동하기 전에 약충은 가지보다는 잎에서 대부분 발견되었고, 낙엽에서 발견된 약충은 생존율이 24% 정도로 저조하였다. 월동하기 전에 암컷은 대부분 가지에서 발견되었고 생존율도 67%로 높지만 낙엽에서 생존한 개체는 발견할 수 없었다. 수컷인 경우 대부분 9월 하순경에 거의 모두 우화하여 암컷과 교미하고 죽었으나(Fig. 4B) 남은 수컷 깍지는 가지와 낙엽에서 각각 7%, 16% 정도로 발견되었으며 가지와 낙엽에서 생존율도 각각 29%, 5% 정도로 낮았다(Fig. 1).

12월부터 이듬해인 2010년 5월 4일까지 가지에서 발생하는 깍지벌레 암컷의 사충율은 일시적으로 50% 정도에 근접하는 경우까지 있기도 하였지만 대체로 20% 내외수준이었다. 낙엽에서 발생하는 깍지벌레 수컷의 사충율은 12월 2일까지만 하여도 11% 정도였으나 약 2주 정도 경과한 이후에 사충율이 85% 정도로 꾸준히 증가하여 12월 말경에 실질적으로 모두 죽었다(Fig. 2).

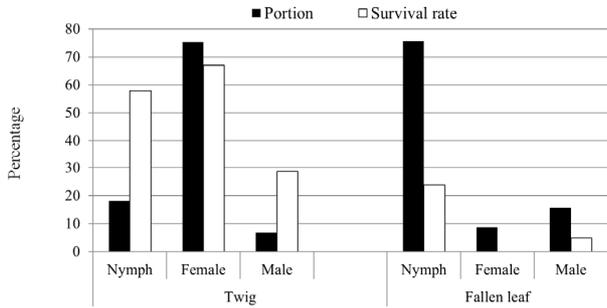


Fig. 1. Distribution of each stage of scales on twigs and fallen leaves of persimmon, and their survival observed on November 10, 2009.

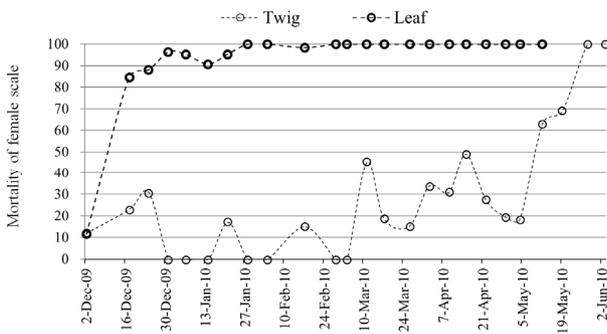


Fig. 2. Mortality of female scales on twigs and fallen leaves of persimmon during the overwintering period.

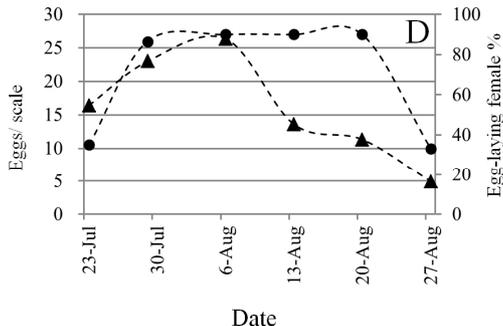
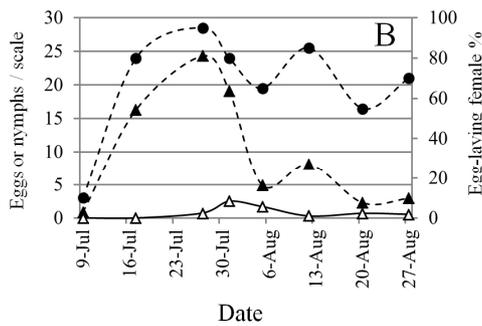
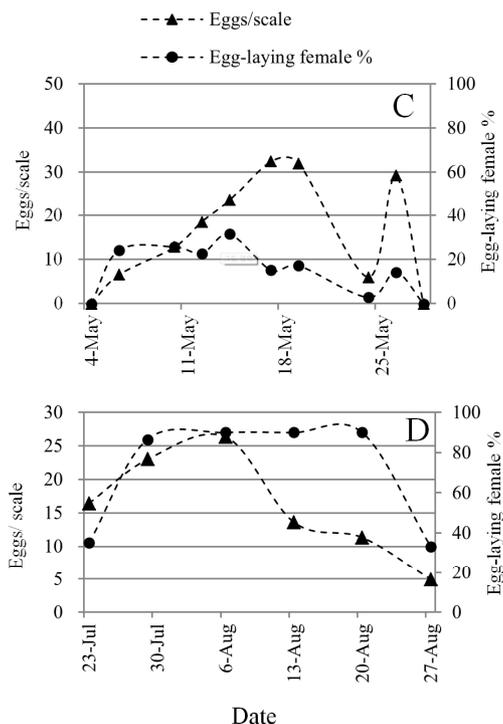
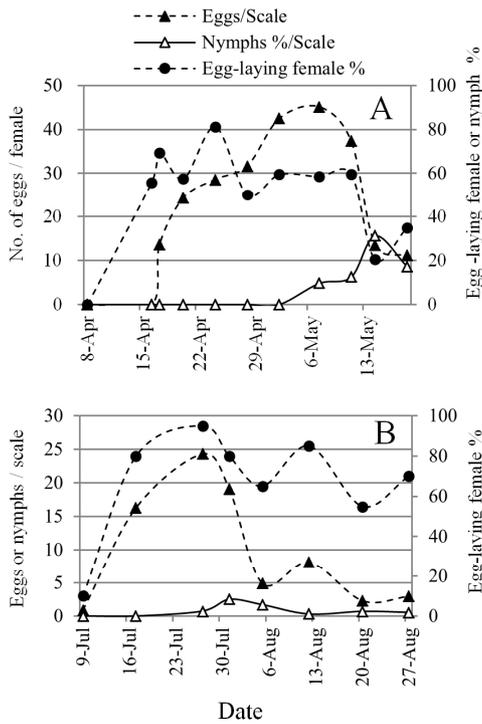


Fig. 3. Seasonal occurrences of egg-laying females and egg-hatching nymphs in persimmon: A (April 8 - May 18) and B (July 9 - August 28) in 2009; C (May 4 - May 28) and D (July 23 - August 27) in 2010.

Fig. 1과 2는 가지에서 식나무깍지벌레 암컷 약충과 암컷 성충 모두 깍지 속에서 월동이 가능한 것을 시사하고 있다. 다만 성충 수컷은 교미 후 바로 사멸한 것이 분명한 데 수컷 약충이 가지에서 월동하는지 추가적인 조사가 필요하다. 약충으로 월동한 암컷깍지는 Fig. 4B에서 보는 바와 같이 약충, 성충 암컷과 수컷에서 작은 피크를 보이고 있는 점과 연관하여 생각해 볼 때 봄철기간 중에 암컷 깍지로 발육한 것으로 추정된다. 월동 전 암컷 깍지 아래에 산란한 것을 확인하지는 않았으나 Fig. 3에서 보는 바와 같이 2009년 4월 8일(Fig. 3A)과 2010년 5월 4일(Fig. 3C)에도 산란하고 있는 암컷이 확인되지 않고 있는 것으로 볼 때 남부지방 단감원에서 가을에 약충 형태의 성충(Beardsley and Gonzlez, 1975)이 교미하고 가을부터 겨울에 월동한 이후 봄철에 기온상승과 더불어 포란-산란의 과정을 수행하는 것으로 보아 암컷성충의 깍지아래에서 알 상태로 월동하지 않는 것으로 판단된다. Miller (2005)는 Diaspidids가 년 1에서 6세대까지도 가능하다고 하면서 3, 4령 약충이나 혹은 수컷 성충을 제외하고 모두 월동이 가능할 수 있다고 하며 교미한 암컷과 2령충이 보통이라고 하였다. 이상의 결과와 논의를 근거로 살펴볼 때 식나무깍지벌레는 남부지방에서 교미한 암컷과 약충으로 월동하는 것으로 판단된다. 이들의 월동태와 관련하여 식나무깍지벌레는 실제로 온도에 따라서 취약한 발육단

계가 있을 수 있음을 시사할 뿐 근원적으로 암컷 성충이 어떤 생리적인 조절기작에 영향을 받은 상태로 월동을 하고 있는 지 혹은 봄철에 성충의 섭식-포란-산란이 생리적으로 어떤 과정과 연계되어 재개되는 지 앞으로 구명하여야 할 부분이라고 생각된다.

산란과 부화. 2009년도 조사에서 월동한 깍지벌레는 봄철인 4월 16일 전후로 포란하고 있는 것이 관찰되었고 4월 17일 산란이 확인되었다. 산란은 4월 17일 이전부터 5월 18일 이후까지 지속하는 것으로 생각되지만, 5월 4일 이후부터 사충율이 급격하게 증가하기 시작하여 5월 28일 전후로 모두 죽었다. 이것은 이 기간에 암컷 깍지에 있는 성충이 산란을 종료하고 죽은 것으로 판단된다. 산란 최성기는 5월 7일 전후였고 이때 암컷 깍지 아래에서 발견되는 산란 수는 45.2개였다(Fig. 3A). 2010년 조사에서 산란은 5월 4일 87% 이상이 포란하고 있었고 5월 6일 조사에서 깍지당 6.5개의 알을 품고 있다가 점차 증가하기 시작하여 5월 17일에는 32.4개로 최대치에 도달한 이후 감소하는 경향이였다(Fig. 3C). 여름철 깍지 아래 산란은 2009년 7월 9일 이후부터 산란을 개시하는 것으로 추정되며 암컷 깍지벌레가 품고 있는 최대 알 수는 7월 27일에 최대 24.3개를 가지고 있다가 급격하게 감소하였으며 이후 8월 하순까지 3-5개의 적은 숫자지만 산란이 확인되었다(Fig. 3B). 2010년 조사의 경우도 7월 23일 이전에 산란을 시작하여 8월 6일에 26.4개로 정점에 도달한 다음 8월 27일 5.0개로 산란수가 서서히 감소하는 경향을 보였다(Fig. 3D). 2009년과 2010년의 산란 양상을 검토한 결과 2009년에 비교적 이른 시기에 산란하고 산란 최성기도 약 10일 정도 빠른 것으로 나타났다. 여름철에 산란량은 비슷하였으나 깍지아래 산란량의 최대치 도달시간도 2009년에 약 9일 정도 빠른 것으로 나타났다.

산란된 알은 2009년 5월 7일을 전후로 부화가 개시되어 부화 최성기는 5월 14일 전후였고 산란과 부화 최성기 간에 약 일주일의 시간이 있는 점을 고려하면 난 기간은 이 시기 포장에서 약 1주일 정도인 것으로 추정된다(Fig. 3A). 부화한 약충은 일시적으로 깍지 내에 있다가 잎이나 가지로 이동하고 암컷 성충은 깍지 속에서 지속적으로 산란을 하기 때문에 깍지속에는 알과 약충이 동시에 발견되었다. 암컷 1마리당 산란 수는 약 50개 내외의 알과 약충이 깍지 아래에서 머물 수 있는 것으로 생각된다. 2009년도 여름철 부화 최성기는 7월 31일 이었고 이 시기에 깍지 아래에 약 2.5마리 정도 있었다. 깍지벌레 아래 산란 최성기는 7월 27일(Fig. 3B)로 산란 최성기와 부화 최성기 사이에 약 4일간의 간격이 있었다. 이 기간이 2009년도 여름철 조사포장에서 난 기간으로 추정된다.

식나무깍지벌레는 기후조건에 따라 연차변이가 있겠지만

4월 중순부터 5월 중·하순까지 산란하고, 5월 초·중순에 산란 최성기를 가지고, 산란 최성기로부터 부화 최성기 사이는 약 1주일 정도 소요되는 것으로 보인다(Fig. 3A). 이것을 근거(Fig. 3A)로 추정하면 봄철 산란수는 160개 정도이다. 여름철에는 7월 초·중순에 시작하여 8월 중·하순까지 다양한 기간에 걸쳐 있지만(Fig. 3B, D) 산란 최성기는 7월 말과 8월 초에 도달하며 Fig. 3B에서 산란 최성기 7월 27일과 부화 최성기 7월 31일을 적용하면 난 기간은 약 4일로 추정되고 4일 간격으로 산란한 양을 합하면 암컷 한 마리의 산란수는 봄철보다도 다소 적은 130개 정도로 추정된다. 식나무깍지벌레의 총체 크기나 산란량은 섭식부위나 기주 식물의 종류에 따라 달라질 수 있다 (Beardsley and Gonzalez, 1975). Zhang et al. (2008)은 맨그로브(*Kandelia obovata*)에서 식나무깍지벌레의 산란량이 52.22 개라 하였다.

이상 식나무깍지벌레의 월동 및 산란 습성을 종합적으로 고찰할 때, Paik et al. (1978)이 식나무깍지벌레가 암컷 성충으로 월동하며, 부화약충이 5월에 출현하고 연 2회 발생한다는 보고와 대체적으로 같은 경향이긴 하지만 암컷 약충이나 성충으로 발육하지 못한 소수의 수컷 깍지도 성공적으로 월동하는 것으로 생각된다.

가지와 잎에서 발육. 가는 가지에서 월동에 접어든 약충, 수컷 깍지 및 암컷 깍지(Fig. 1)의 발육결과 산란된 알에서 부화한 1세대 약충은 가지에서 10% 정도(Fig. 4A) 잎에서 90% (Fig. 4B)의 비율로 발생한다. 가는 가지에서 대부분 암컷 깍지로 발육(Fig. 4A)하고 수컷 깍지벌레로 발육하는 것은 현저하게 적은 2-3% 이하이고 그것마저도 8월 초 이후 한여름을 경과하면서 거의 모두 죽는 것으로 조사되었다. 잎에서 암컷과 수컷 깍지는 8월 이전까지 거의 비슷한 비율로 발육(Fig. 4B)하다가 8월 12일 잎에서 관찰되는 약충 중 75% 정도는 수컷으로 우화하여 교미를 마치고 죽는 것으로 나타났다(Fig. 4B). Diaspidids는 암컷은 3령, 수컷은 5령을 경과하는 것으로 알려져 있으며 (Miller, 1991), Miller and Davidson (2005)은 이들이 일년에 1-6세대 경과가 가능하다고 하였다. 하지만 세대수와 발육률이 온·습도나 강수량의 기후조건에 따라 연간 세대수가 증가하거나 특정세대만 존재할 수 있기 때문에(Beardsley and Gonzalez, 1975) 우리나라의 경우도 지리적 기후적 차이로 인해 달라질 가능성도 배제할 수 없다.

가는 가지에서 5월 27일 이후 대부분 암컷인 1세대 약충의 밀도가 줄어들고 동시에 6월 5일부터 1세대 암컷 깍지벌레로 발육하면서 7월 2일에 최성기에 도달 후 2세대 약충이 7월 17일 출현하고 이어서 7월 27일에 최성기(Fig. 4A)에 도달한 다음 8월 5일에 종료한다. 7월 27일 약충 발생 최성기가 암컷 깍

지의 발생증가와 일시적인 관련성을 보이지만 그 이후 지속하지 않는 것은 일시적이거나 앞으로 이동했을 가능성을 시사하고 있다(Fig. 4A). 그러나 앞에서 8월 12일 약충 발생이 최성기에 도달한 이후(Fig. 4B) 발육상황은 앞에서 대부분 수컷 개체수의 증가로 이어지고 있고(Fig. 4B) 암컷 개체수는 가지에서 8월 20일 소폭 증가하다가(Fig. 4A) 8월 27일 이후부터 본격적인 증가 양상을 보여주고 있다. 이 같은 결과는 10월 말에서 11월 초 사이의 낙엽시기인 Fig. 1의 조사결과에서 암컷 깍지는 가는 가지에서 수컷 깍지는 낙엽에서 주로 발견되는 것과 일치하는 경향이다.

월동 성충이 산란한 알이 앞에서 90% 정도 발육하고, 이들 약충(Fig. 4B)의 비율이 6월 5일 93.7%에 도달한 다음 빠르게 발육하여 암컷 깍지나 수컷 깍지로 발육하였다. 이 시기 앞에서 발육하는 암컷과 수컷 깍지벌레의 비율은 8월 12일 이후 암컷 깍지의 비율이 앞에서 현저하게 적은 것과 대비하여 볼 때(Fig. 4B), 비슷한 것으로 나타났고, 이것은 이 시기 잎이 암컷이 차세대를 계승하기에 충분한 영양 상태를 공급하고 있다는 것을 시사하는 것이기도 하다. 7월 9일 약충 발생량은 최저점에 도달

하였다. 그 이후 약충의 발생은 증가하기 시작하여 7월 27일과 8월 12일 62.0%와 87.3%로 각각 피크로 보였다. 이 시기에 두 차례 발생피크가 보인 것은 이 시기 고온에 따른 다른 세대인지, 야외 과수원 특성상 외부적인 밀도 감소요인에 의한 발생피크의 변화인지, 가지와 앞에서 미시적인 온도 차이에 의한 월동 깍지벌레 성충과 약충의 발육차이로 인하여 발생한 발생최성기의 변화인지, 월동세대의 약충이 성숙하면서 만들어내는 작은 발생피크인지 명확하지 않다. 7월 27일까지 약충 밀도의 증감과 반대로 암컷과 수컷 깍지벌레의 발육의 발생최성기에서 감소-증가 양상을 보이는 것은 앞서 언급한 바와 같이 하나의 일관된 경향이었다.

이상의 결과를 근거로 하나의 모델을 세운다면, 월동 후 산란한 알에서 발육한 약충이 5월 하순에서 6월 초순사이 crawler 단계를 지난 약충으로 발육하고, 이어서 7월 초순경에 1세대 암컷이 산란을 하게 되면 여기서 부화한 대부분의 약충은 7월 하순경이나 아니면 고온기에 한세대를 더 경과하여 8월 중순경에 약충으로 출현하면 이들 중 앞에서 발육한 대부분은 수컷 성충으로 발육하여 9월 중순 경 외관상 미성숙한 암컷과 교미한 후 죽고, 암컷으로 될 예정인 것들은 8월 중순경에 가는 가지로 이동하여 월동준비에 착수하는 것을 생각해 볼 수 있다.

가는 가지와 앞에서 식나무깍지벌레의 계절적 발생소장으로 령기별 발육기간, 성충의 산란 수, 성충 수명, 세대 수 등의 정보를 알아내는 데 정밀한 실내시험을 수행하지 않고는 많은 제약이 있다. 그것은 식나무깍지벌레 성충 암컷이 깍지아래에서 산란을 하고, 부화한 알은 일시적으로 깍지 아래에서 머물다가 깍지 바깥으로 이동하고, 부화한 약충인 crawler도 여러 요인으로 분산하고, 약충에서 성충으로 이어지는 과정도 암컷인 경우 탈피하면서 탈피각을 깍지에 두고, 교미도 완전히 성숙하지 않은 상태에서 이루어지는 것으로 보고(Miller and Davidson, 2005)되고 있기 때문에 포장에서 발육기간 구명에 어려움이 수반된다.

수컷 깍지벌레의 발생이 2009년 8월 12일 약충 발생 최성기, 8월 27일 수컷 깍지벌레 최성기, 및 9월 14일을 전후로 수컷 성충의 발생량 등은 일관되게 약충에서 수컷 성충 우화까지의 관계를 보여주고 있다. 약충 발생 최성기로부터 수컷 깍지벌레의 발생 최성기까지는 약 15일이 소요되고, 수컷 깍지벌레가 우화 최성기에 도달하는 시간은 약 3주가 소요되는 것으로 추정된다. 수컷 성충의 우화 최성기가 9월 14일 전후임을 고려하면 암컷과 교미가 대부분 이 시기에 이루어짐을 추정할 수 있고 가는 가지로 월동처를 옮긴 암컷은 비록 모습은 약충일 수 있지만(Beadsley and Gonzlez, 1975) 성적으로 성숙한 상태에서 월동을 개시함을 알 수 있다. 수컷의 우화가 이 시기인 것은 수컷

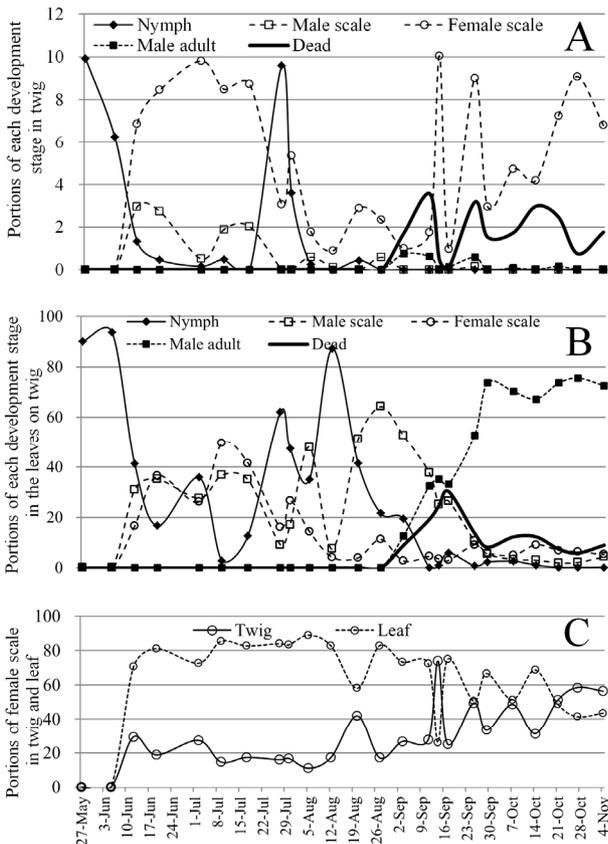


Fig. 4. Seasonal occurrences of *P. cockerelli* in persimmon: Different developmental stages on twigs (A), the leaves on a twig (B), and female scales on a twig and leaves (C).

각지벌레와 우화 후 빈 각지벌레의 비율로 조사한 성적에서도 9월 11, 14, 17, 25, 29일에 각각 23.0 ± 8.1 , 50.9 ± 3.7 , 56.7 ± 15.3 , 75.3 ± 23.4 , 95.1 ± 1.2 (%)를 보인 데서도 일치하는 경향이었다(Chung, B.K., unpublished data). 또한 이 시기에 발생하는 암컷 각지의 각지를 제거한 암컷을 100마리 정도 마쇄하여 고무 썩터에 넣고 델타트랩으로 유인한 수컷 성충의 비례량으로 추적하였을 때에도 2009. 9월 3, 7, 11, 14, 17, 25, 29일에 유살된 개체수는 5, 28, 59, 36, 21, 35, 7마리로 9월 11일 최대치를 기록하여 앞서 얻은 성적과 큰 차이가 없었다(Chung, B.K., unpublished data). 이 사실은 식나무각지벌레의 교미가 정적인 암컷이 발산하는 페로몬에 수컷이 유인되어 이루어지는 것을 나타내고 있고(Beardsley and Gonzlez, 1975) 앞으로 페로몬을

이용한 식나무각지벌레의 방제에 활용할 수 있을 것으로 생각된다. 암컷 각지벌레의 비율은 8월 중순 이후 세지에서 점차 비율이 증가하는 반면 앞에서 그 비율이 줄어드는 양상이었다(Fig. 4C).

방제. Fig. 5에서 보는 바와 같이 buprofezine+dinotefum (20+15) WP은 약제처리 전보다 처리 후 생충율이 일관되게 떨어지고 있었으나 그 외 약제들은 약제처리 후에 생충율에서 증가와 감소의 변동을 보이다가 27DAT에 가까운 시기에 생충율이 떨어지는 양상을 보여주었다. Control의 경우 생충율에서 다소 변동은 있었지만 지속해서 생충율이 증가하는 경향을 나타내고 있다. 약제처리 7주 후에 개개의 식나무각지벌레를 해부하여 치사여부를 판정한 결과 Table 1과 같았다. Table 1에서

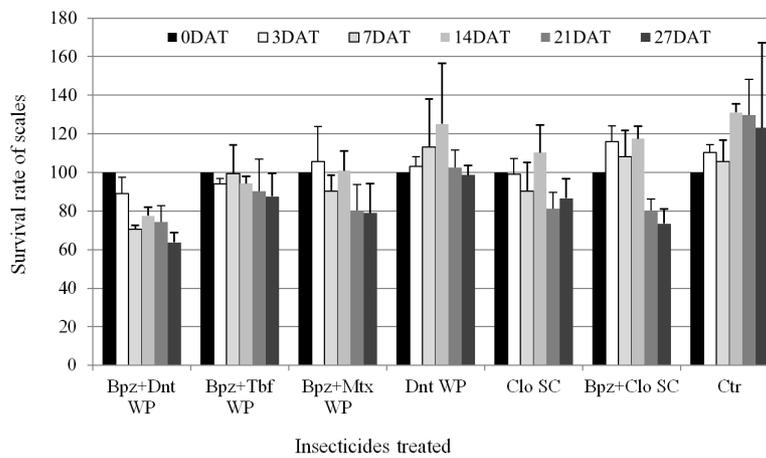


Fig. 5. Survival rate of scales after two applications of insecticides. First application of insecticides on June 9, 2009, second application on June 16, 2009. Bpz+Dnt WP: buprofezin · dinotefuran (20+15)WP; Bpz+Tbf WP: buprofezin · tebufenozide (12+5)WP; Bpz+Mtx WP: buprofezin · methoxyfenozide (11+4)WP; Dnt WP: dinotefuran 10WP; Clo SC: clothianidin 8SC; Bpz+Clo SC: buprofezin · clothianidin (10+3)SC; Ctr: Control; DAT: Day(s) after treatment.

Table 1. Activity of insecticides on the scales after two times applications*

Insecticides treated**	Survival rate of scales (%)				Corr. Mort.***
	1	2	3	Avg. ± SE	
Bpz+Dnt WP	8.49	7.22	14.79	10.17 ± 3.31 a	90.6
Bpz+Tbf WP	34.11	26.71	15.48	25.43 ± 7.66 bc	76.5
Bpz+Mtx WP	38.87	32.30	26.68	32.62 ± 4.98 c	69.8
Dnt WP	16.28	7.50	16.52	13.43 ± 4.20 bc	87.6
Clo SC	33.34	21.54	20.55	25.14 ± 5.81 bc	76.7
Bpz+Clo SC	47.17	24.85	31.27	34.43 ± 9.38 c	68.1
Control	108.83	117.81	97.66	108.10 ± 8.24 d	-

* Insecticides were treated 1st time on 9 Jun. 2009, 2nd time on 16 Jun. 2009, and mortality was checked on 21 Jul. 2009.

** Bpz+Dnt WP: buprofezin · dinotefuran (20+15)WP; Bpz+Tbf WP: buprofezin · tebufenozide (12+5)WP; Bpz+Mtx WP: buprofezin · methoxyfenozide (11+4)WP; Dnt WP: dinotefuran 10WP; Clo SC: clothianidin 8SC; Bpz+Clo SC: buprofezin · clothianidin (10+3)SC.

*** Corrected mortality = ((average survival rate of scales in control - survival rate in the treated)/survival rates in control)*100.

보는 바와 같이 buprofezine+dinotefum (20+15) WP의 약효가 가장 우수하였고 다른 약제들은 그 수준에 미치지 못하였다.

이 결과는 앞서 논의한 발생자료를 근거로 생각할 때, 7월 21일까지의 결과로 제1세대의 약충이 발육하여 1세대 성충을 경과하여 제2세대 암수 약충 깍지까지 이행되는 시기에 얻어진 결과로 볼 수 있다(Fig. 4A, B). 향후 제2세대가 더 발육하여 가을에 앞에서 주로 수컷이 발생하는 것과 다음 해 암컷의 월동원 차단에 기초정보를 제공한다고 할 수 있다. Fig. 5에서 생존율에서 일시적인 증가는 세대 수 경과이거나 아니면 월동에 착수한 령기 차이에 의한 밀도 변동(Fig. 1)의 영향일 수도 있다. 이러한 영향에도 불구하고 Fig. 5와 Table 1에서 보는 바와 같이 처리한 약제의 약효를 시험종료 시점에 약제 종류 간에 구분하는 데 있어서 큰 어려움은 없는 것으로 판단된다. 또한, 과수원 내에 단감을 가해하는 깍지벌레류(Han et al., 2002)로 식나무깍지벌레 외에도 거북밀깍지벌레 뽕밀깍지벌레 등도 발생하고 있고 깍지벌레 중에 대한 약효도 약중에 따라 달라질 수 있기 때문에 단감에 발생하는 여러 종류의 깍지벌레류를 대상으로 기존에 등록된 약제들에 대한 약효를 비교 검토하는 것은 많은 주의를 필요로 한다.

본 시험에서 약효를 알 수 있게 된 시기는 거의 7주 후에 가능하다는 것은 통상적으로 해충방제에서 7-10일 후에 약효에 대한 평가를 할 수 있는 것과 거리가 멀다. 이것은 깍지벌레를 방제하는 데 있어서 큰 제약요인이다. 일차적으로 약효를 적기에 판정하기가 곤란하고 이차적으로 추가적인 약제살포로 귀결될 수 있는 요인을 내포하고 있다는 점이 될 것이다. 이것은 모두 깍지벌레가 깍지 아래에서 서식하기 때문에 약효판정에 시간이 소요되고 또한 죽은 개체들도 깍지가 나무나 과실에서 쉽게 떨어져 나가지 않음으로써 생기는 문제점이다.

기존문헌에서 crawler 단계에서 약제 방제하는 것이 약효를 높일 수 있다고 언급하고 있고 그 사실이 합리적인 것이다. 그러나 과수원의 현실적인 면을 직시한다면 미세한 crawler가 성충의 깍지 아래에 얼마나 있는지, 또 향후 암컷 성충이 얼마나 더 산란할 지, 농가에서 crawler를 방제지표로 쓰기에 적절한지 하는 점과 실내 발육성적이 없는 현실을 감안 할 때 합리적으로 과수원에서 이용할 수 있는 지표는 암깍지나 숫깍지로 분화가 일어나기 전 약충기 초기에 방제하는 것이 현재 상황에 대한 대안일 것이다. 재배 작기 중에 과실에서 발생하는 식나무깍지벌레의 발생량을 줄이기 위한 선제 조치로서 과수원 내 식나무깍지벌레의 밀도를 낮추고자 식나무깍지벌레에 비교적 우수한 약제를 선별하고자 하였다. 향후 crawler의 발생시기에 대한 정밀한 예측기술에 기반한 적기방제나, 깍지벌레의 특성상 약효가 늦은 점을 감안한 농약 잔류와 연계한 연구나, 단감의 전

작기를 대상으로 한 방제체계 구축 같은 연구는 바람직한 화학적 방제 방향일 것이다.

식나무깍지벌레의 가장 큰 피해는 출하를 앞둔 단감 과실의 표면이나 감 꼭지 내·외부에 발생하는 것이 가장 큰 문제이고 또 이들을 제거하는 것이 통상적인 압축공기로 곤란하다는 것이다. 그러므로 단감원에서 식나무깍지벌레의 밀도를 최대한 낮추는 것이 중요하다. 이러한 노력에도 불구하고 과실에 부착한 깍지벌레는 체계적인 열수처리(Hara et al., 1993)로 방제하는 것도 검토할 필요가 있다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 “FTA 대응 농축산물 경쟁력제고 및 수출시장 확대” 사업을 수행하는 과정에서 얻은 결과를 바탕으로 작성되었다. 단감원에 발생하는 식나무깍지벌레의 종 동정을 해주신 농림축산검역본부 식물검역기술개발센터의 서수정 박사에 사의를 표합니다. 본 과제 수행에 손대호, 정정민, 정순희, 김정윤, 김태성의 수고가 많았습니다. 본 원고를 읽고 원고의 완성도를 높일 수 있도록 조언을 해준 2명의 심사자에게도 사의를 표합니다.

Literature Cited

- Beardsley, J.W.Jr., Gonzalez, R.H., 1975. The biology and ecology of armored scales. *Ann. Rev. Entomol.* 20, 47-73.
- Ham, E.H., Lee, T.S., Lee, J.S., Park, J.K., 2013. Biological control of magnolia white scale; *Pseudaulacaspis cockerelli* (Cooley) (Hemiptera: Diaspididae) and yellow tea thrips; *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) on five flavor berry orchards, using *Chrydoperla nipponensis* (Okamoto) (Neuroptera: Chrysopidae) and *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseidae). *Korean J. Nature Conserv.* 7, 142-146.
- Kwon, K.M., Park, K.T., 2002. Taxonomic reconsideration of Eriococcidae (Sternorrhyncha) occurring on the persimmon tree, *Diospyros kaki* Thunb. *Korean J. Appl. Entomol.* 41, 305-311.
- Kwon, T.Y., Park, S.D., Park, S.D., Choi, B.S., Kwon, Y.J., 1995. Seasonal occurrences and chemical control effects of *Ericoccus largestroemiae* Kuwana in persimmon trees. *Korean J. Appl. Entomol.* 34, 295-299.
- Hara, A.H., Hata, T.Y., Hu, B.K.S., Tenbrink, V.L., 1993. Hot-water immersion as a potential quarantine treatment against *Pseudaulacaspis cockerelli* (Homoptera: Diaspididae). *J. Econ. Entomol.* 86, 1167-1170.
- Han, M.J., Lee, S.W., Choi, J.Y., Lee, G.S., Kwon, K.M., Park, Y.M., Yoo, J.K., Choi, D.R., Goh, H.G., 2002. Illustrations on the scales in horticultural crops. National Institute of Agricultural

-
- Science and Technology. Suwon. 121pp (Korean).
- Miller, D.R., 1991. The scales, scale insects or coccoids, pp. 90-107. in F.W.Stehr (Eds.), Immature Insects, Vol. 2. Kendall/Hunt, Dubuque, Iowa. 975pp.
- Miller, D.R., 2005. Selected scale insect groups (Hemiptera: Coccoidea) in the southern region of the United States. Florida Entomologist. 88, 482-501
- Miller, D.R., Davidson, J.A., 2005. Armored scale insects of trees and shrubs. Cornell Univ. Press, Ithaca, NY. 425pp.
- Paik, W.H., 1978. Illustrated flora and fauna of Korea. Vol. 22. Insecta (VI), Coccoidea. Samhwa Publishing Company, Seoul. 481p.
- Park, J.D., Park, I.S., Kim, K.C., 1990. Host range, occurrence and developmental characteristics of *Ceropalstes pseudoceriferus* (Homoptera: Coccidae) on persimmon trees. Korean J. Appl. Entomol. 29, 269-276.
- Park, J.D., Kim, Y.H., Kim, S.S., Kim, I.S., Kim, K.C., 1993. Seasonal occurrences, host preference and hatching behavior of *Eriococcus lagerstroemiae*. Korean J. Appl. Entomol. 32, 83-89.
- Reinert, J.A., 1974. Management of the false oleander scale, *Pseudaulacaspis cockerelli* (Cooley). Florida State Horticultural Society. 518-520.
- Suh, S.J., 2015. New records of armored scale insects, *Pseudaulacaspis MacGillivray* (Hemiptera: Diaspididae) in Korea. Insecta Mundi 0403, 1-8.
- Zhang, F.P., Yang, Z.W., Jiang, B.F., Lin, P., 2008. Preliminary studies on the scale insect pest of *Pseudaulacaspis cockerelli* in mangrove. J. Fujian Coll. Forestry. 2008, 220-224.