

뽕나무각지벌레 1세대 부화 약충의 발생과 살충제 감수성

이선영 · 이성찬 · 양창열 · 서미혜 · 최병렬 · 윤정범*

농촌진흥청 국립원예특작과학원 원예특작환경과

Insecticidal Susceptibility and Emergence of First Instar Larvae of *Pseudaulacaspis pentagona*

Sun Young Lee, Seong Chan Lee, Chang Yeol Yang, Mi Hye Seo, Byeong Ryeol Choi and Jung Beom Yoon*

Horticultural and Herbal Crop Environment Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration, Wanju, Jeonbuk 55365, Korea

ABSTRACT: The white peach scale (*Pseudaulacaspis pentagona*) is a significant pest of trees belonging to the Rosaceae family. We investigated the effect of ten insecticides on hatching rate of first instar white peach scale larvae (crawlers). The insecticides are Dinotefuran WG, Benfuracarb WG, Pyrifluquinazon WG, Clothianidin SG, Buprofezin WP, Buprofezin+Imidacloprid SC, Buprofezin+Etofenprox WG, Buprofezin+Thiacloprid SC, Benfuracarb+Buprofezin WG, Acetamiprid+Buprofezin EC. We observed that several crawlers emerged in early May, with the average number being 45.7. Hatching period was approximately 14 days, and the hatching success rate was approximately 77.7%. Overwintering females produced an average of 58.7 eggs. All insecticides achieved 100% mortality in crawlers. Our results suggest that these insecticides can effectively control white peach scale when used at the crawler stage.

Key words: *Pseudaulacaspis pentagona*, Crawler, Peach, Mortality

초록: 뽕나무각지벌레는 장미과에 속하는 과수의 주요 해충이다. 뽕나무각지벌레의 산란 및 부화특성과 복숭아 및 매실의 각지벌레 방제용으로 등록된 살충제 10종(디노테푸란 입상수화제, 벤푸라카르브 입상수화제, 피리플루퀴나존 입상수화제, 클로티아니딘 입상수용제, 뷰프로페진 수화제, 뷰프로페진+이미다클로프리드 액상수화제, 뷰프로페진+에토펜프록스 입상수화제, 뷰프로페진+티아클로프리드 액상수화제, 벤푸라카르브+뷰프로페진 유제)의 살충제 감수성을 조사하였다. 뽕나무각지벌레의 1세대 부화시기와 부화율을 조사한 결과 5월 초에 가장 많이 발생해서 약 14일 정도 연속적으로 부화하였다. 부화율은 77.7%였으며, 월동 암컷 성충 1개체의 평균 총 산란수는 58.7개, 평균 부화약충수는 45.7마리였다. 시험에 사용한 살충제 10종 모두에서 100%의 부화 약충 살충효과가 나타났으며 이는 약충 부화시기에 맞추어 약제를 살포하면 효과적으로 방제가 가능한 것을 시사한다.

검색어: 뽕나무각지벌레, 부화약충, 복숭아, 살충효과

각지벌레는 세계적으로 170여종이 분포되어 있고 우리나라에서는 122종이 보고된 바 있으며 남부지방에서는 핵과류에 뽕나무각지벌레가 우점종으로 피해가 증가하고 있다(Park and Kim, 1990b). 뽕나무각지벌레는 관상식물이나 과수에 피해를 주는 주요 해충으로(Beardsley and Gonzalez, 1975; DeBach and Rosen, 1976; Miller and Davidson, 1990) 세계적으로 장미

과에 속하는 복숭아, 매실, 살구, 체리, 뽕나무, 차나무, 키위 등을 광범위한 기주를 가해하는 것으로 알려져 있다(Van Duyn and Murphey, 1971; Ball, 1980; Hanks and Denno, 1993; Erkilic and Uygun, 1997; Kozarzewkaja, 1988; Mizuta, 2003). 특히 복숭아의 경우 주간부와 가지에 발생하여 피해를 주며(Kuitert, 1967) 과실에 고착하여 수량성과 상품성을 저하시킨다.

국내 남부지방에서는 연 3세대 경과 후 성충으로 월동하는 데(Park and Kim, 1990a) 수피에 고착된 상태로 월동한 암컷 성충은 이듬해 봄 기온이 올라감에 따라 수액을 흡즙하면서 산란

*Corresponding author: beomi7944@korea.kr

Received November 13 2019; Revised November 18 2019

Accepted November 22 2019

을 하게 된다(Park et al., 1995). 교미한 암컷은 1주일의 산란기간 동안 약 100~150개의 알을 산란한 후 사망한다(Brown and Bennett, 1957). 부화하는 약충의 성비는 1:1이고 먼저 산란된 주황색 알은 암컷이고 백색을 띠는 알은 수컷이며, 알에서 부화한 약충(crawler) 또한 알과 동일한 색으로 암수를 구분할 수 있다(Brown and Bennett, 1957). 부화한 약충은 2일 이내에 기주 식물에 고착하여 식물 조직 속에 구침을 찔러 넣은 상태로 흡즙한다(Brown and Bennett, 1957; Beardsley and Gonzalez, 1975; Miller and Davidson, 2005). 약충은 먹이활동을 시작하면서 분비하는 왁스물질로 형성된 딱딱한 껍질 때문에 약제에 노출되지 않아 방제가 어렵다(Van Duyn and Murphey, 1971). 국내에서도 뽕나무깍지벌레의 생태에 관한 다양한 연구들이 보고되어 있지만(Park and Kim, 1990a; Park and Kim, 1990b) 방제에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

본 연구는 복숭아에 발생하는 뽕나무깍지벌레 1세대 부화 약충의 생태를 조사하여 방제 체계 마련을 위한 기초 자료로 활용하고자 수행하였으며 재배 작기 중에 발생하는 뽕나무깍지벌레의 밀도를 낮추기 위하여 살충 효과가 우수한 약제를 선발하고자 하였다.

재료 및 방법

월동 알의 부화시기 조사

경북 김천의 복숭아 과원에서 월동 뽕나무깍지벌레의 알 부화시기를 조사하기 위하여 2017년 3월부터 2019년 7월까지 7일 간격으로 매년 월동 뽕나무깍지벌레 10개체 이상 고착된 가

지를 채집하여 관찰하였다. 채집한 가지는 증류수로 충분히 적신 플로랄폼(23 × 11 × 8 cm, 오아시스 에코노미, 한국)에 꽃아바트를 넣어 둔 사각 아크릴케이지(50 × 50 × 50 cm) 안에 넣은 후 햇빛이 잘 드는 야외에 두고 매일 실체현미경을 이용하여 부화특성을 관찰하였다.

월동 암컷 성충의 산란특성 조사

복숭아 나뭇가지에서 채집한 뽕나무깍지벌레 월동 암컷 성충 1개체씩을 가지 채 2~3mm 두께로 칼로 잘라 절편을 만든 후 수분공급을 위해 필터페이퍼 1장을 바닥에 깔고 Φ100 × H40 mm의 페트리디쉬(Insect breeding dish, ventilationhole 40mm, mesh hole 0.053, SPL life science, 경기도)에 넣고 실체현미경을 이용하여 관찰하였다. 암컷 성충의 깍지로 인해 정확한 산란수를 알 수 없으므로 월동 암컷 성충 1개체에서 부화되어 나오는 약충수와 부화시기를 매일 조사한 후 부화한 약충은 페트리디쉬에서 제거하였다. 부화하는 약충이 더 이상 나오지 않는 월동 암컷 성충은 산란을 마친 것으로 간주하고 깍지를 벗겨 깍지 밑 부화하지 않은 알을 합산하여 총 산란수를 조사하였다. 시험은 매년 10반복 이상 시험하였으며 3년 동안 총 40반복 실시하였다.

부화약충의 살충효과 검정

살충효과가 우수한 살충제를 선발하기 위하여 복숭아 및 매실에 등록된 깍지벌레 방제용 살충제를 대상으로 부화약충에 대한 살충효과를 검정하였다. 약제 성분 별로 단제와 혼합제를 총 10종(Table.1)을 증류수를 이용하여 추천농도로 희석 후 시

Table 1. List of insecticides tested against crawlers of *Pseudaulacaspis pentagona*

Pesticides	AI ^a (%)	Formulation ^b	RC ^c (ppm)	Group
Dinotefuran	20	WG	100	Neonicotinoids
Benfuracarb	30	WG	300	Carbamate
Pyriproxyfen	10	WG	50	IBR
Clothianidin	8	SG	40	Chloronicotinile
Buprofezin	20	WP	200	Chiadiazine
Buprofezin+Imidacloprid	20+3	SC	200+30	Chiadiazine+Chloronicotinile
Buprofezin+Etofenprox	5+8	WG	50+80	Chiadiazine+Pyrethroid
Buprofezin+Thiacloprid	20+5	SC	100+25	Chiadiazine+Chloronicotinile
Benfuracarb+Buprofezin	20+20	WG	130+130	Carbamate+Chiadiazine
Acetamiprid+Buprofezin	4+15	EC	20+75	Chloronicotinile+Chiadiazine

^aAI : Active ingredient

^bWG : water dispersible granule, SC:suspension concentrate, WP:Wettable powder, EC:emulsifiable concentrate, SG:water soluble granule

^cRecommended concentration.

험에 사용하였다. 부화약충 20개체씩 30 cm로 절단한 복숭아 가지에 붓으로 옮기고 약제를 5 ml씩 1회 살포 후 증류수로 충분히 적신 플로랄폼에 꽂아 두었으며, 대조구는 동일한 방법으로 증류수를 처리하였다. 부화약충 20개체씩을 옮긴 가지를 1반복으로 하여 시험은 20반복으로 수행하였다. 부화약충의 생사여부를 정확하게 판별하기 위하여 처리 7일 후 실체현미경을 이용하여 약충의 움직임, 갈변정도, 고착 여부를 관찰하여 사충수를 조사하였다.

통계분석

뽕나무까지벌레의 부화율 및 10종의 약제 처리구와 무처리구의 차이를 Steel-Dwss test를 이용하여 분석하였다. 모든 자료는 평균 ± 표준오차로 표기하였다.

결과 및 고찰

월동 암컷 성충의 산란 및 부화 특성

2017~2019년 동안의 부화약충의 평균 발생시기는 Fig. 1과 같다. 4월 28일부터 부화하기 시작하여 5월 2일에 가장 많은 부화약충이 발생하였다. 3일 후인 5월 5일에는 급격히 반감되고 그 후 2~3일 시간이 경과하면서 점차 감소하여 5월 12일 후로는 거의 부화가 이루어지지 않았다. 따라서 월동 뽕나무까지벌레에서의 1세대 부화약충 발생기간은 처음 부화된 약충 개체가 관찰된 후 14일 정도로 나타났다.

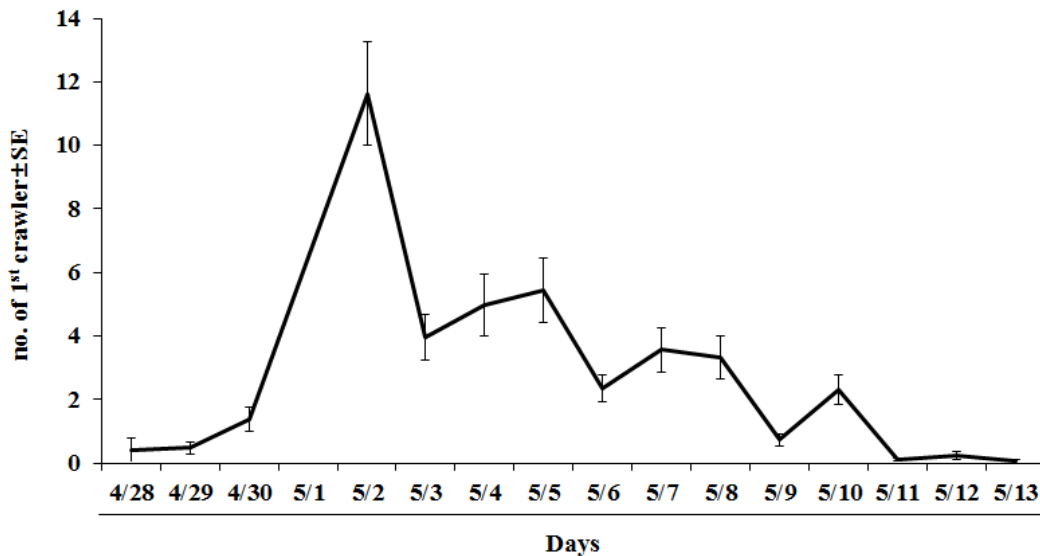


Fig.1. Hatching period (days) of *Pseudaulacaspis pentagona* crawlers. Vertical lines represent standard error of means.

월동 암컷 알에서의 부화율은 77.7%이었다(Fig. 2). 산란을 마친 암컷 성충의 깍지에서 부화 중 치사한 약충은 보이지 않았으며 갈변되고 수축한 알들이 관찰되었다. 시험 중에 천적이 발견되지 않았던 것으로 보아 월동 암컷의 산란 후에 이미 치사한 알이 미부화 된 것으로 생각된다.

Brown and Bennett (1957)은 뽕나무까지벌레의 산란수는 150~200개로 보고하였고, Bobb et al. (1973)은 미국 남동부에

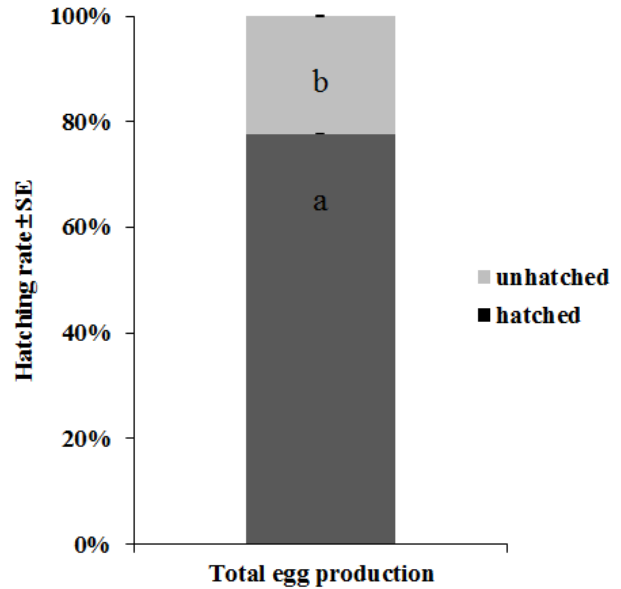


Fig. 2. Hatching success rate (%) of *Pseudaulacaspis pentagona* crawlers from the shell of overwintered female. "a", "b" indicate significant differences ($p < 0.05$) as determined by the Steel-Dwss test.

있는 복숭아와 벚꽃나무에서 뽕나무각지벌레의 생태를 조사한 결과, 수정된 암컷은 월동 후 4월 중순경부터 산란을 시작하며 암컷 한 마리당 평균 46.5개의 알을 낳은 것으로 보고하였다. Takeda (2004)는 차나무 포장에서 뽕나무각지벌레의 평균 산란수 범위는 70~80개였다고 보고하였다. Kim (2005)은 뽕나무각지벌레와 유사한 생활사를 가진 뽕나무각지벌레의 월동 성충은 평균 77개 이상의 알을 낳는 것으로 보이며 최고 169개까지 알을 생산할 수 있는 것으로 판단했다. Park and Kim (1990a)은 뽕나무각지벌레 실내 발육시험에서 산란수가 55~112개로 평균 75개였으며 변이계수(24.6%)가 큰 것은 환경조건 및 개체에 따라 산란력이 다른 것으로 판단하였다. 본 시험의 결과 또한 월동암컷 성충 1개체의 평균 총 산란수는 58.7개, 평균 부화수 45.7개였다. 그러나 총 산란수 20~157개와 총 부화수 12~140개는 개체간의 차이가 크게 나타나 환경조건 및 개체 산란력에 따라 차이를 보인 것으로 추정된다.

부화 약충의 살충효과 검정

복숭아 및 매실 대상 각지벌레 등록 살충제의 부화 약충(crawler) 살충효과를 검정한 결과, 시험한 모든 살충제에서 탁월한 살충효과를 보였다(Fig. 3). Bobb et al. (1973)은 복숭아와 뽕나무에서 여름철 발생하는 부화 약충의 방제에 가장 효과적인 약제는 Parathion WP였으며 약효도 한 달 정도 지속된다고 하였으나 현재 강한 독성으로 인해 사용이 중단된 상태이다. 본 실험에서 사용된 모든 살충제들은 유효성분이 다를지라도 부화 약충시기에 노출되면 방제효과가 높을 것으로 생각된다.

뽕나무각지벌레는 몸을 보호하기 위한 왁스 물질을 분비하여 딱딱한 껍질을 만든 후 그 속에서 성충이 되며, 껍질이 형성된 후에는 약제를 살포하더라도 몸체에 직접 닿지 않아 방제 효과를 기대하기 어렵다(Bazrafshan et al., 2010). 따라서 뽕나무각지벌레의 효율적인 방제를 위해서는 부화한 약충이 기주식물에 정착하여 각지를 형성하기 전 단계에 약제 방제하는 것이 가장 바람직하다(Park et al., 1995; Kim, 2005; Chung et al., 2017).

Tatara (1999)는 약제방제 적기는 부화 피크 후 2~5일의 짧은 기간으로 제한하고, 1세대 부화 약충은 다른 세대보다 동시에 다량 발생하므로 약제 방제효과를 높일 수 있다고 하였다. Chung et al. (2017)은 최근 단계에 발생하는 식나무각지벌레는 5월 7일 전후로 부화가 개시되어 부화최성기는 5월 14일 전후였으며, 화학적 방제는 1세대 약충 부화시기에 맞춰서 살포하는 것이 효과적이라 하였다. 식나무각지벌레 또한 뽕나무각지벌레와 외관상 구분이 어려울 정도로 유사한 형태를 지니는데, 마찬가지로 crawler 단계에서 방제하는 것이 약효를 높일 수 있다고 하였다. 반면 성충단계에서의 약제 방제는 높은 농도의 살충제를 요구하기 때문에 환경이나 사람의 건강에 심각한 문제를 초래 할 수 있다(Bazrafshan et al., 2010). 국내에서도 2019년부터 농약허용물질목록 관리제도(Positive List System)가 시행됨에 따라 농약사용에 대한 안전기준이 강화되고 있어 사용시기나 회수 등을 작물보호제 지침서를 확인한 후 방제를 해야 할 것이다.

뽕나무각지벌레 1세대 약충은 5월 초에 가장 많이 발생해서 약 14일정도 연속적으로 부화하는 특성을 감안할 때 5월 초부터 3일 간격으로 2~3회 약제 살포하는 것이 바람직하다고 생각

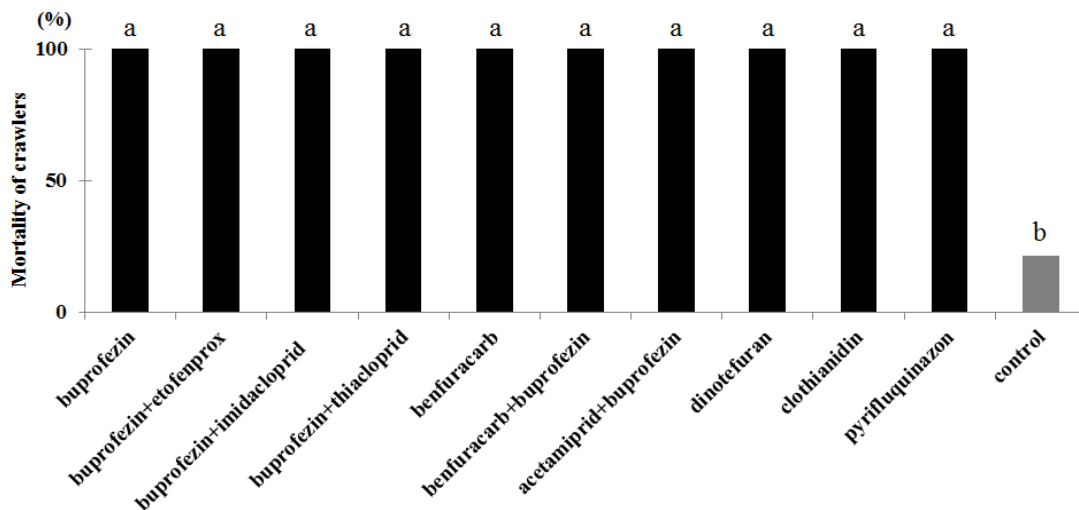


Fig. 3. Effect of ten registered insecticides on mortality (%) in *Pseudaulacaspis pentagona* inhabiting peach and Japanese apricot trees. "a", "b" indicate significant differences ($p < 0.05$) as determined by the Steel-Dwass test.

된다. 2세대부터는 개체간 발육의 차이가 커 한 기주에 각 태가 혼재하여 약제 방제 효과가 낮아질 수 있기 때문에 1세대 방제를 철저히 하여 밀도를 줄일 필요가 있다. 한편 국내에서는 뽕나무각지벌레의 포식성 천적으로 애홍점박이무당벌레(*Chilocorus kuwanae*), 홍점박이무당벌레 (*Chilocorus rubidus*), 무당벌레류 *Hormonia axyridis*, 기생봉류로는 *Aphytis diaspidis*, *Archenomus orientalis*, *Apterencyrtus mocrphagus*, 총 6종이 보고되어 있는데(Park and Kim, 1990b), 해충의 종합적 방제의 중요성이 강조되고 있는 시점에서 천적에 대한 연구가 전혀 이루어지지 않고 있는 실정이다. 향후 효율적인 뽕나무각지벌레 관리를 위해서 생물적 방제에 활용할 수 있는 천적들의 탐색, 천연 살충제 등 종합적인 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것으로 생각된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 기관고유사업 ‘핵과류에서의 각지벌레 발생현황 조사 및 방제적기 구명’ (과제번호: PJ012700022019) 연구 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

Literature Cited

- Ball, J.C., 1980. Development and fecundity of the white peach scale at two constant temperatures. *Fla. Entomol.* 63, 189-194.
- Beardsley, J.W., Gonzalez, R.H., 1975. The biology and ecology of armored scales. *Annu. Rev. Entomol.* 20, 47-73.
- Bobb, M.L., Weidhaas Jr., J.A., Ponton, L.F., 1973. White peach scale: Life history and control studies. *J. Econ. Entomol.* 66, 1290-1292.
- Brown, S.W., Bennett., F.D., 1957. On sex determination in the diaspine scale *Pseudaulacaspis Pentagona* (Targ.) (Coccoidea). *Genetics.* 42, 510-523.
- Bazrafshan, M., Razmjou, J., Damavandian, M.R., Dastjerdi., H.R., 2010. Toxicity of several insecticides to white peach scale, *Pseudalacaspis pentagona* Targioni(Hemiptera:Diaspididae). *Mun. Ent. Zool.* 5, 1020-1024.
- Chung, B.K., Lee, H.S., Kang, D.K., Kwon, J.H., 2017. Seasonal occurrences and chemical control of oyster scale, *Psuedaulacaspis cockerelli* (Hemiptera:Diaspididae) in Sweet persimmon orchards in korea. *Korean. J. Appl. Entomol.* 56, 97-105.
- DeBach, P., Rosen, D., 1976. Armoured scale insects, In DeLucchi, V. L. (Ed.) *Studies in biological control. International Biological Programme 9.* Cambridge University Press. Cambridge, England, pp. 139-178.
- Erkilic, L., Uygun, N., 1997. Development time and fecundity of the white peach scale, *Pseudalacaspis pentagona*, in Turkey. *Phytoparasitica.* 25, 9-16.
- Hanks, L., Denno, R.F., 1993. The white peach scale, *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni-Tozzetti) (Hom.:Diaspididae): Life history in Maryland, host plants and natural enemies. *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 95, 79-98.
- Kim, D.S., 2005. Oviposition time of overwintered females and migration of crawlers of *Psuedaulacaspis prunicola* (Hemiptera: Diaspididae) on cherry trees in jeju island. *Korean. J. Appl. Entomol.* 44, 231-235.
- Kozarzevkaja, E.F., 1988. Characteristics of reproduction of the mulberry scale *Pseudaulacaspis pentagona* (Targ.-Tozz.) (Hymoptera, Coccidea). *Entomolog. Obozr.* 67, 257-265.
- Kuitert, L.C., 1967. Observations on the biology bionomics and control of white peach scale, *Pseudaulacaspis pentagona* (Targ). *Fla. State. Hort. Soc.* 80, 376-381.
- Miller, D.R., Davidson, J.A., 1990. A list of the armored scale insect pests. In Rosen, D., (Ed.), *The armored scale insects. their biology, Natural Enemies and Control.* Vol. B. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, The Netherlands, pp. 299-306.
- Miller, D.R., Davidson, J.A., 2005. *Armored scale insect pests of trees and shrubs.* Cornell University Press, Ithaca, New York, pp. 360-362.
- Mizuta, T., 2003. Differences in development and reproduction of the Mulberry Scale, *Pseudaulacaspis pentagona* Targioni (Hemiptera: Diaspididae), on resistant and susceptible varieties of tea plant. *Jap. J. Appl. Entomol. Zool.* 47, 91-95.
- Park, I.G., Kim, Y.T., Yoon, H.J., Lee, Y.I., 1995. Some ecological characteristics of the mulberry scale, *Psuedaulacaspis pentagona* T., and its control with insecticides. *Korean. J. Appl. Entomol.* 37, 74-85.
- Park, J.D. Kim, K.C., 1990a. Effects of temperatures on development and distribution of Mulberry scale, *Psuedaulacaspis pentagona*, within tree. *Korean. J. Appl. Entomol.* 29, 238-243.
- Park, J.D., Kim, K.C., 1990b. Host range life cycle and natural enemies of mulberry scale(*Pseudaulacaspis pentagona*) on *Prunus mume* in southern korea. *Korean. J. Appl. Entomol.* 29, 104-112.
- Takeda, M., 2004. Effects of temperature on oviposition in overwintering females and hatch in first-generation larvae of *Pseudaulacaspis pentagona* (Hemiptera: Diaspididae). *Appl. Entomol. Zool.* 39, 15-26
- Tatara, A., 1999. Determination of optimum spraying time for chemical control of mulberry scale, *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni) (Hemiptera: Diaspididae) in tea fields. *JARQ.* 33, 155-161.
- Van Duyn, J., Murphey, M., 1971. Life history and control of white peach scale, *Pseudaulacaspis pentagona* (Homoptera: Coccoidea). *Fla. Entomol.* 54, 91-93.