

성페로몬 트랩에 유인된 수컷 성충에 의한 귤애가루깍지벌레의 연중 발생특성

송정흠* · 최경산¹ · 홍순영 · 이신찬

제주특별자치도농업기술원 친환경연구과, ¹국립원예특작과학원 온난화대응농업연구센터

Seasonal Phenology of the Cryptic Mealybug, *Pseudococcus cryptus* (Homoptera: Pseudococcidae) Based on Attraction of Adult Males to a Sex Pheromone Trap

Jeong Heub Song*, Kyung San Choi¹, Soon Yeong Hong and Shin Chan Lee

Division of Sustainable Agricultural Research, Jeju Agricultural Research and Extension Services, Jeju 697-800, Korea

¹Agricultural Research Center for Climate Change, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Jeju 690-150, Korea

ABSTRACT: The cryptic mealybug, *Pseudococcus cryptus*, has been increasingly damaging citrus, particularly those plants grown in plastic greenhouses. This study was conducted to monitor the seasonal phenology of adult male cryptic mealybugs and to determine the timing for control using a sex pheromone trap. Adult males responded to a synthetic sex pheromone and trap color. An increasing number of males were attracted to the traps with increasing concentrations of sex pheromone up to 5 mg. The males occurred annually four times and had three cohorts at a time due to different overwintering developmental stages. After overwintering the adult males began to in mid-late April. A positive correlation was observed between the number of adult males caught in traps and the mean density per twig of all motile stages except first stage nymphs of the cryptic mealybugs. The peak time for the first nymph to occur was estimated from the maximum attraction time of the males, and the cumulative degree days (DD) was 350 DD, similar with the preoviposition period.

Key words: *Pseudococcus cryptus*, Sex pheromone, Seasonal phenology, Control timing

초 록: 최근 들어 하우스재배 감귤을 중심으로 발생이 증가하고 있는 귤애가루깍지벌레에 대해 효율적인 발생예찰과 함께 방제시기를 결정하기 위하여 합성 성페로몬을 이용하여 시기별 발생특성을 조사하였다. 귤애가루깍지벌레의 수컷 성충은 합성 성페로몬뿐만 아니라 색에도 반응하였다. 성페로몬의 농도는 5.0 mg까지 농도가 증가할수록 유인력이 높았다. 귤애가루깍지벌레 수컷 성충은 연 4회 발생되고 있었으며, 월동 후 수컷 성충이 처음 발생되기 시작하는 시기는 4월 중순이었다. 수컷 성충발생이 가장 많은 시기는 제 1세대 발생기인 7월 상순이었다. 성페로몬트랩에 유인된 귤애가루깍지벌레 수컷 성충은 한 세대 내에서 3회의 발생성기가 나타났으며, 이는 귤애가루깍지벌레가 1~3령 약충으로 월동하기 때문인 것으로 추정되었다. 트랩에 유인된 수컷 성충의 밀도와 나무의 가지당 평균밀도와는 높은 정(+)의 상관을 갖고 있었다. 수컷 성충의 최대 유인시기를 이용하여 1령 약충 발생 시기를 추정할 수 있었으며, 그 적산온도는 산란전 기간과 비슷한 350DD이었다.

검색어: 귤애가루깍지벌레, 성페로몬, 발생특성, 방제시기

귤애가루깍지벌레, *Pseudococcus cryptus* Hempel는 감귤에 발생하는 주요한 깍지벌레 중 하나로 특히 하우스재배에서

큰 피해를 주는 해충이다. 귤애가루깍지벌레는 동남아시아와 열대 아프리카, 지중해 동중부, 남미, 오세아니아에서 발견되고 있다(Ben-Dov *et al.*, 2004). 귤애가루깍지벌레는 감귤의 잎과 열매, 가지 등 모든 부위에서 발생되며(Kim *et al.*, 2000), 피해는 흡즙에 의한 직접적인 피해보다 주로 분비된 감로로 인한

*Corresponding author: sjheub@korea.kr

Received December 27 2011; Revised March 10 2012

Accepted May 10 2012

그을음병이 발생하여 상품성을 떨어뜨리는 것이다. 피해가 심한 경우 그을음이 나무전체를 뒤덮어 잎과 열매가 일찍 떨어지며(Avidov and Harpaz, 1969), 작은 가지가 말라죽기도 한다.

국내에서 꿀애가루깍지벌레에 대한 연구는 온도발육 특성에 대한 보고(Kim *et al.*, 2008)가 있으나 시기별 발생특성에 대한 연구는 없다. 또한, 깍지벌레 약충이 연중 발생되고 있어 시기별 발생특성 구명에 어려움을 겪고 있다. 가루깍지벌레류 중 성페로몬이 밝혀진 것은 가루깍지벌레, *Pseudococcus comstocki* (Bierl-Leonhardt *et al.*, 1980; Negishi *et al.*, 1980)와 꿀가루깍지벌레, *Planococcus citri* (Zada *et al.*, 2004), 꿀애가루깍지벌레, *Pseudococcus cryptus* (Arai *et al.*, 2003), *Planococcus ficus* (Hinkens *et al.*, 2001), *Maconellicoccus hirsutus* (Zhang *et al.*, 2010) 등이 알려져 있다. 꿀애가루깍지벌레의 성페로몬은 Arai(2000)가 처녀 암컷 성충으로부터 공중포집한 성페로몬을 이용하여 수컷 성충의 유인과 유효농도, 1령 약충 출현기 예측 등에 대해 보고하였으며, 이후 꿀애가루깍지벌레 성페로몬에 대한 구조식과 합성방법이 밝혀졌다(Arai *et al.*, 2003; Nakahata *et al.*, 2003). 그러나 이 합성 성페로몬을 이용한 꿀애가루깍지벌레의 발생특성 등 관련 연구는 아직까지 보고된 바가 없다.

본 연구에서는 꿀애가루깍지벌레의 합성 성페로몬을 이용하여 제주지역 무가온 하우스 감귤에서 연중 발생특성을 구명하고자 수행되었다. 또한 수컷 성충의 발생기로부터 약충의 발생 최성기를 추정하여 효과적인 방제시기를 결정하는데 도움이 되고자 하였다.

재료 및 방법

꿀애가루깍지벌레 성페로몬, [(1R,3R)-3-isopropenyl-2,2-dimethylcyclobutyl] methyl 3-methyl-3-butenolate은 국립안동대학교 응용화학과 유기합성연구실(홍용표)에서 Nakahata *et al.*(2003)이 보고한 합성방법을 기초로 합성한 성페로몬을 이용하였다.

합성 성페로몬의 유인력 검증

합성 성페로몬의 유인력을 조사하기 위하여 2007년 7~8월에 걸쳐 제주도 오동동 소재 국립원예특작과학원 온난화대응 농업연구센터 유리온실에서 수행하였다. 합성 성페로몬을 헥산(hexane)과 혼합한 용액을 침적시킨 적색 고무격막(rubber septum)(Aldrich Chemical Co., USA)을 방출기로 이용하였다. 성페로몬 농도는 0.1과 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 mg으로 희석하여 처리량별 수컷 성충의 유인력을 비교하였으며, 어떤 용액도 침적시

키지 않은 것을 무처리로 하였다. 평판 백색끈끈이트랩(15 × 10 cm) 상부에 구멍을 뚫고 그곳에 방출기를 끼워 감귤나무의 상단부(지상 130 cm)에 트랩을 설치한 후 3~4일 간격으로 트랩 위치를 바꾸면서 30일 동안 유인력을 조사하였다. 트랩을 교체하는 경우에는 랩필름으로 트랩을 감싸고 수거하여 실험실에서 실체현미경(×10)으로 수컷 성충수를 조사하였다.

꿀애가루깍지벌레 수컷 성충의 색에 대한 반응을 조사하기 위하여 청색과 백색, 황색 끈끈이트랩(Green Agro Tech, Korea)을 이용하여 2007년 9월에 앞의 시험과 동일하게 수행하였으며, 이 때 성페로몬 처리량은 1.0 mg으로 하였다.

성페로몬의 유인가능 거리를 조사하기 위하여 잔디밭에 꿀애가루깍지벌레가 충분히 발생된 감귤나무가 심겨진 화분을 두고 감귤나무로부터 1.0과 2.0, 4.0 m 거리에 높이 120 cm로 트랩을 설치하여 30일간 앞의 시험과 동일하게 2007년 8~9월에 수행하였다.

성페로몬 농도와 트랩 색에 대한 유인력 검증은 분산분석(PROC ANOVA)을 통해 그 차이를 검정하였다(SAS Institute, 1999).

트랩을 이용한 시기별 발생특성

합성 성페로몬(처리량: 1.0 mg)을 이용한 시기별 발생특성 조사는 2009년 3월부터 11월까지 제주도 애월읍과 조천읍에 위치한 유기농재배 무가온 하우스 감귤 3개 포장에서 수행하였다. 성페로몬트랩(백색, 8.5 × 13 cm)은 약 15 × 15 m 간격으로 설치하였고 트랩수는 조사포장의 면적에 따라 포장당 9~15개를 설치하였다. 또한 성페로몬을 설치하지 않은 것과 비교하기 위하여 황색끈끈이트랩(원통형, 지름 7 cm, 높이 15 cm)을 성페로몬트랩에서 3 m 떨어진 곳에 나무와 접한 곳에 지주를 세워 120 cm 높이로 설치하여 함께 조사하였다. 조사는 성페로몬트랩은 3~4일 간격, 황색끈끈이트랩은 7일 간격으로 트랩을 수거하여 실험실에 가져온 후 실체현미경(×10)으로 수컷 성충수를 조사하였다.

수컷 성충 유인과 깍지벌레 발생밀도와의 관계

트랩당 수컷 성충 유인수와 깍지벌레 밀도와의 관계를 조사하기 위하여 성페로몬과 황색트랩을 설치한 나무의 임의의 10가지를 선택하여 1령 약충의 발생여부와 2령 약충~성충수를 2009년 5월 중순부터 9월 상순까지 7일 간격으로 육안 조사하였다. 두 트랩에 잡힌 수컷 성충수와 가지당 평균밀도와의 관계는 조사값에 자연로그를 취한 후 SAS(SAS Institute, 1999)의 일반선형회귀모형(PROC GLM)을 이용하여 회귀식의 상수를 추정하였으며, 상관계수도 함께 계산하였다. 이 관계는 트랩의

유인범위를 예측하기 위하여 각 트랩설치 나무의 가지당 깍지벌레 평균밀도와 트랩의 수컷 성충수와의 관계, 트랩을 설치한 두 나무의 가지당 깍지벌레 평균밀도와 트랩의 수컷 성충수와의 관계 두 가지 방법으로 자료를 분석하였다.

3~4일 간격으로 조사한 성페로몬트랩에 유인된 꿀애가루깍지벌레 수컷 성충의 시기별 밀도변동과 적산온도와와의 관계를 삼각법에 의하여 분석하였다. 조사포장의 온도는 두 지역의 하우스 안에 자동온도측정기(HOBO[®], Onset, USA)를 설치하여 30분 간격으로 측정된 자료를 이용하였다. 이 때의 발육 최저온도는 Arai(1996)와 Kim *et al.*(2008)를 이용하였고, 발육 최고온도는 30°C 이상의 온도를 적용하여 깍지벌레 수컷 성충의 최대발생기의 유효적산온도를 산출하여 발생세대간에 차이 변동이 가장 적은 발육한계 최저-최저온도로 추정하였다. 적산온도일수(DD)는 일일 최고-최저온도를 이용하여 다음 식으로 계산하였다(Arai, 1996):

$$T_{H0} > T_{max}, T_{L0} > T_{min} \quad D = \frac{(T_{max} - T_{L0})^2}{2 \times (T_{max} - T_{min})}$$

$$T_{H0} \geq T_{max}, T_{min} > T_{L0} \quad D = \frac{(T_{max} + T_{min} - 2 \times T_{L0})^2}{2}$$

$$T_{max} > T_{H0}, T_{min} > T_{L0} \quad D = \frac{(T_{H0} - T_{min}) \times (T_{H0} + T_{min} - 2 \times T_{L0})}{2}$$

$$T_{max} > T_{H0}, T_{L0} > T_{min} \quad D = \frac{(T_{max} - T_{L0})^2}{2 \times (T_{max} - T_{min})}$$

여기에서 T_{max} 와 T_{min} 은 발육한계 최고와 최저온도를, T_{H0} 와 T_{L0} 는 일일 최고와 최저온도를 나타낸다.

2회귀식을 이용하여 계산한 발육한계 최고-최저온도를 이용하여 발생세대별 적산온도일수와 한 세대 내에서의 발생시기에 대한 적산온도일수를 비교하였다. Kim *et al.*(2008) 온도 발육 자료를 이용하여 수컷 성충이 발생한 시기로부터 산란전 기간과 알+1령 약충기간을 합산한 적산온도일수로 하였으며, 그 일수는 약 640DD로 하였다. 이를 이용하여 한 발생세대 내 발생시기를 구분하였으며, 발생기간 적산온도일수가 250DD보다 작으면 서로 연관성이 없는 것으로 간주하였다.

이 발육한계 최고-최저 온도의 유효성을 평가하기 위하여 조사포장별로 꿀애가루깍지벌레 수컷 성충의 최대 유인시기와 깍지벌레 1령과 2령 발생빈도가 가장 많았던 조사시기까지의 적산온도를 계산하여 평가하였다.

결과

합성 성페로몬의 유인력 검정

합성 성페로몬을 방출기당 0.1과 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 mg을 넣

어 꿀애가루깍지벌레 수컷 성충의 유인수를 조사한 결과 처리량이 많을수록 유인수가 증가하는 경향이였다(Fig. 1). 조사농도 중 0.5~2.0 mg 사이에서 처리량이 증가함에 따라 유인수가 증가하는 경향이였지만 통계적인 유의성은 없었다($F_{5,12} = 4.41, P < 0.05$). 성페로몬 농도 5.0 mg에서도 꿀애가루깍지벌레 수컷 성충의 유인력은 감소하지 않았다.

꿀애가루깍지벌레 수컷 성충의 세 가지 색에 대한 반응을 조사한 결과 황색에 더 잘 유인되는 경향이였으나 성페로몬의 장착여부에 관계없이 통계적인 차이는 보이지 않았다(성페로몬 장착: $F_{2,6} = 0.48, P > 0.1$; 성페로몬 미장착: $F_{2,6} = 0.46, P > 0.1$). 꿀애가루깍지벌레 수컷 성충은 성페로몬 방출기를 설치한 트랩이 설치하지 않은 것보다 트랩 색에 관계없이 약 3배 더 유인되고 있어 합성 성페로몬의 유인력이 높은 것을 확인할 수 있었다(Fig. 2).

성페로몬에 대한 꿀애가루깍지벌레 수컷 성충의 유인은 거리가 가까울수록 잘되었으며($F_{2,6} = 8.93, P < 0.05$), 발생나무로부터 4 m 떨어진 트랩에는 거의 유인이 되지 않았다(Fig. 3).

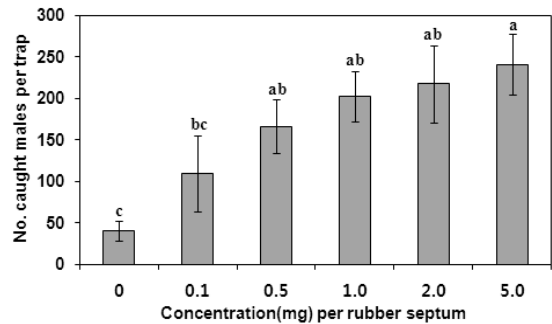


Fig. 1. Attraction of male *Pseudococcus cryptus* by different sex pheromone concentrations. Different letters above standard error bars indicate a significant difference among means at $P=0.05$.

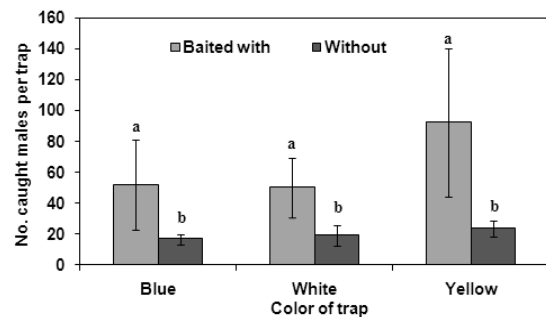


Fig. 2. Response of male *Pseudococcus cryptus* to different colored sticky traps baited with or without a sex pheromone. Different letters above standard error bars indicate a significant difference among means at $P=0.05$.

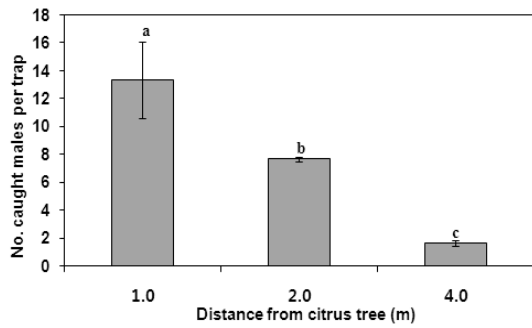


Fig. 3. Attractive response of adult *Pseudococcus cryptus* males at different distances from a citrus tree. Different letters above standard error bars indicate a significant difference among means at $P=0.05$.

트랩을 이용한 시기별 연중 발생특성

성페로몬트랩을 이용하여 굴애가루각지벌레 수컷 성충의 시기별 연중 발생특성을 조사한 결과 연 4회 발생하는 것으로 나타났다(Fig. 4). 제 1회는 약충으로 월동한 후 처음 수컷 성충

이 발생하는 시기로 4월 중순~5월 하순, 제 2회는 6월 중순~7월 하순, 제 3회는 8월 상순~9월 상순, 제 4회는 9월 하순~11월 상순이었다.

수컷 성충 유인과 각지벌레 발생밀도와의 관계

성페로몬트랩에 유인된 굴애가루각지벌레 수컷 성충의 수와 트랩을 설치한 나무의 굴애가루각지벌레 밀도와의 관계를 분석한 결과, 트랩을 설치한 나무의 가지당 평균밀도가 높을수록 트랩에 잡힌 수컷 성충의 밀도가 증가하고 있었다(Fig. 5). 트랩을 설치한 나무의 가지당 평균밀도와 굴애가루각지벌레 수컷 성충 유인수의 선형 회귀식에서 성페로몬트랩과 황색끈끈이트랩의 결정계수는 각각 0.38과 0.70으로 황색끈끈이트랩이 더 높았다. 성페로몬트랩과 황색끈끈이트랩을 설치한 두 나무의 가지당 평균밀도에 대한 선형회귀식에서 성페로몬트랩과 황색끈끈이 트랩의 결정계수는 각각 0.46과 0.65로 성페로몬트랩의 결정계수는 증가한 반면 황색끈끈이트랩은 감소하였

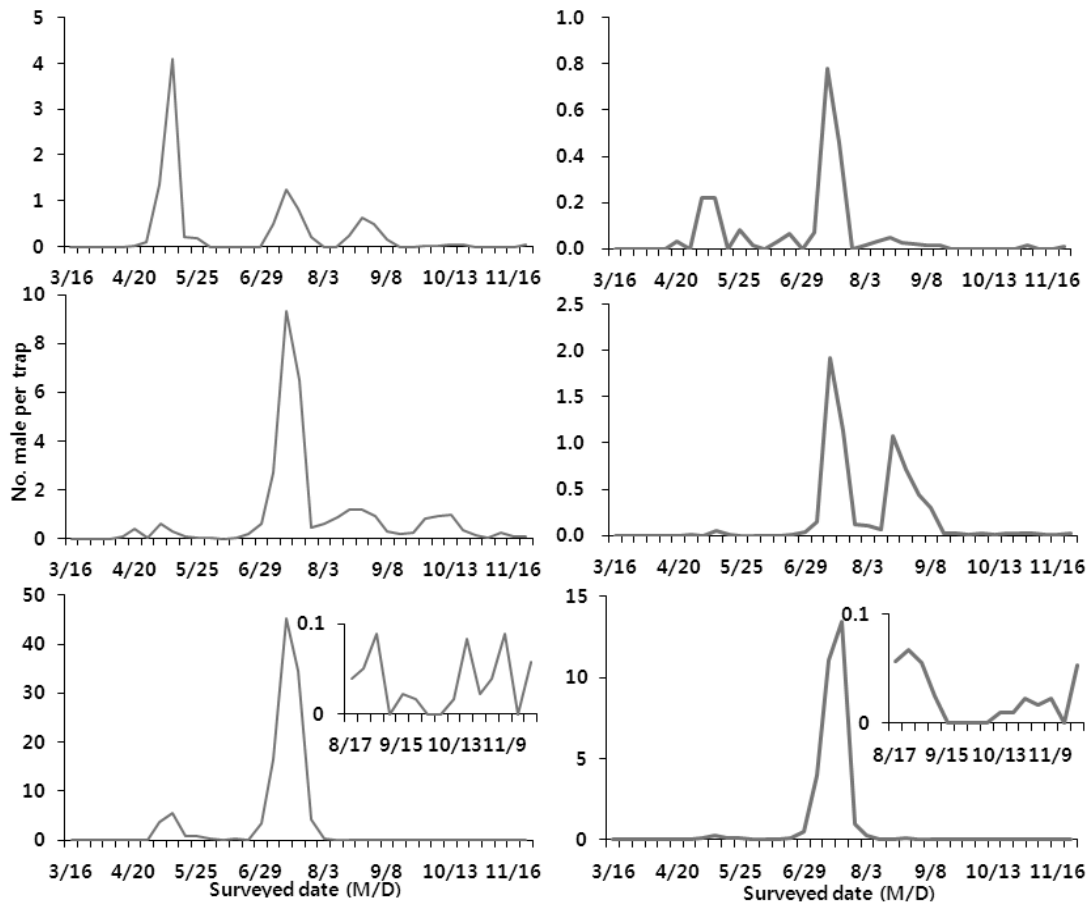


Fig. 4. Seasonal fluctuations in male *Pseudococcus cryptus* caught on a sex pheromone trap (left) and on a yellow-color sticky trap (right). (upper: Aewol; middle: Sinchon S; lower: Sinchon K).

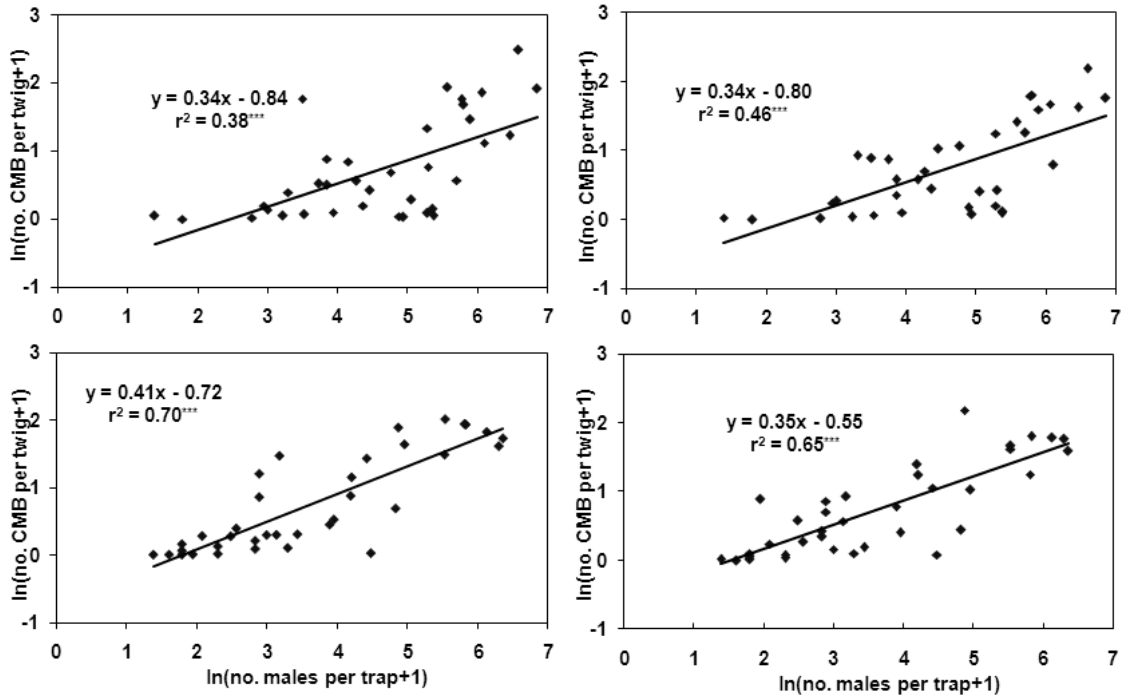


Fig. 5. Relationship between the number of male *Pseudococcus cryptus* (CMB) caught on the trap and the mean density per twig of all motile stages except first nymph stage (upper: sex pheromone trap; lower: yellow-color sticky trap without sex pheromone). The mean density per twig in the left and right graph was on each trap placed tree and on both trees, respectively.

Table 1. Relationship between the peak date of male *Pseudococcus cryptus* caught in a sex pheromone trap and of first nymphs appearing on tree twigs

	Maximum peak date			Degree-days (DD)	
	Trap	1 st nymph	2 nd nymph	1 st nymph	2 nd nymph
Aewol	11 May	15 June	29 June	363	495
Jocheon S	30 April	11 June	20 June	365	479
Jocheon K	4 May	11 June	20 June	337	451

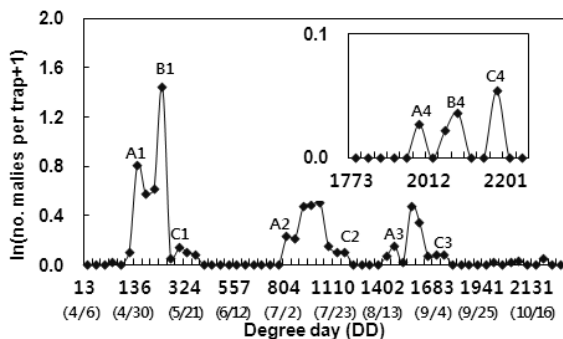


Fig. 6. Relationship between the number of male *Pseudococcus cryptus* caught on a sex pheromone trap and degree-days. The higher and lower developmental threshold temperatures were 32.6°C and 10.9°C, respectively. The temperature was measured from April 4 to October 30.

다. 조사한 세 포장에서의 조사자료를 통합한 성페로몬트랩에

유인된 수컷 성충수와 가지당 평균밀도와의 상관계수는 0.6318, 황색끈끈이트랩의 수컷 성충수와 가지당 평균밀도와의 상관계수는 0.8435로 황색끈끈이트랩이 성페로몬트랩보다 상관정도가 더 높은 것으로 조사되었다.

한 세대 내에서 굴애가루각지벌레 수컷 성충의 한 세대 발생 성기는 3회 나타나고 있었다(Fig. 6). 성페로몬트랩에서 각지벌레 수컷 성충의 발생 최성기 사이의 적산온도일수의 변동이 가장 적었던 발육정지 최고와 최저온도는 각각 32.6°C와 10.9°C로 추정되었다. 세대내 발생성기 사이의 평균 적산온도일수는 122DD이었고, 발생 세대간 평균 적산온도는 673DD이었다.

성페로몬트랩에 유인된 굴애가루각지벌레 수컷 성충의 최대 발생기로 부터 1령 약충 최대발생기까지의 적산온도일수를 계산하였다(Table 1). 굴애가루각지벌레 수컷 성충의 최대 발생일은 4월 30일~5월 11일이었으며, 1령 약충은 6월 11~15

일, 2령 약충은 6월 20~29일이었다. 앞에서 추정한 발육한계 최고-최저 온도를 이용하여 깍지벌레 수컷 성충 최대 발생일로부터 1령 약충과 2령 약충 발생 최성기까지의 평균 적산온도는 각각 337~365DD와 431~495DD이었다.

고찰

꿀애가루깍지벌레는 주로 하우스재배에서 문제가 되고 있는 깍지벌레로 연중 모든 발육태가 관찰되고 있다. 이는 친환경재배에서 주로 사용되고 있는 기계유유제의 사용하는 경우 2령 이상에서는 방제효율이 낮아진다는 점 때문에 방제가 어려워지는 요인 중의 하나이다.

꿀애가루깍지벌레의 성페로몬은 단일 성분이며, 암컷 성충 일일 성페로몬 방출량(female day-equivalents, FDE)의 백분의 일의 작은 양(0.01 FDE)으로도 유인이 가능하고, 10 FDE로 시기별 밀도 조사가 가능한 것으로 알려져 있다(Arai, 2000; 2002). 본 연구에서는 꿀애가루깍지벌레 합성 성페로몬을 방출기당 0.1 mg의 양으로 처리하였을 때에도 수컷 성충이 유인되는 것이 확인되었다. 또한 성페로몬의 양이 많을수록 유인력이 증가하였으나 다른 곤충에서도 일반적으로 많이 사용되고 있는 방출기당 1.0 mg이 적당한 것으로 판단되었다.

꿀애가루깍지벌레 수컷 성충의 백색과 청색, 황색에 대한 반응을 조사한 결과 통계적인 유의성은 없었으나 황색에 더 많이 유인되는 경향으로 수컷 성충이 트랩 색에 일정 정도 반응을 하는 것으로 추정되었다. 이는 *Parlatoria blanchardi*의 수컷 성충은 청색과 백색에 더 많이 유인된다고 한 결과와 차이가 있었으나(El-Kareim, 1998), *Matsucoccus josephi*의 수컷 성충이 색트랩 간에 차이가 없었다(Mendel et al., 1995)는 것과는 유사한 결과를 보여 주었다. 이와 같은 결과는 성페로몬 농도시험에서 무처리에서도 수컷 성충이 유인되었던 것의 한 원인이었다는 것으로 판단된다.

성페로몬트랩을 이용하여 꿀애가루깍지벌레 수컷 성충을 연중 조사한 결과 총 4회 발생하는 것으로 조사되었다. 꿀애가루깍지벌레의 연간 발생세대는 2~3회인 것으로 추정되고 있으며, 월동조사에서 주로 2~3령 약충이었지만 모든 발육세대로 이루어지고 있었다(Kim D.S. and J.H. Song, unpublished data). 따라서 본 연구에서 조사된 꿀애가루깍지벌레 수컷 성충 제 4회 이후 발생한 약충이 월동하는 것으로 추정되며, 이는 일본에서 Arai(1996)의 보고와 일치하였다.

성페로몬트랩이 꿀애가루깍지벌레 발생나무로부터 성페로몬트랩까지의 거리에 따른 유인력 비교에서 트랩이 나무에 가까울수록 유인수가 높았다. 이는 꿀애가루깍지벌레 수컷 성충

의 비행거리가 짧은 것을 의미하는 것으로 꿀애가루깍지벌레가 발생되고 있는 나무에 성페로몬트랩을 설치하는 것이 밀도 조사의 정확도를 높일 수 있다.

본 연구에서 이용한 트랩은 평판트랩으로 꿀애가루깍지벌레 수컷 성충뿐만 아니라 다른 곤충도 유인되어 구분에 어려움이 있었다. 포도에 발생하는 가루깍지벌레류인 *Planococcus flavus*와 *Maconellicoccus hirsutus*에 대해 성페로몬트랩의 형태에 따른 유인력을 조사한 결과 각각 델타트랩과 Jackson트랩이 오염이 적으면서 유인력도 높은 것으로 보고되어 있다(Millar et al., 2002; Vitullo et al., 2007). 따라서 꿀애가루깍지벌레에 대해서도 트랩형태에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

성페로몬트랩과 황색끈끈이트랩을 설치한 나무의 꿀애가루깍지벌레의 가지당 평균밀도와 상관관계를 분석한 결과 성페로몬트랩보다 황색끈끈이트랩의 상관정도가 더 높았다. 이는 성페로몬트랩은 트랩의 설치된 주변나무에서도 수컷 성충이 유인되지만, 황색끈끈이트랩은 주로 트랩이 설치된 나무에서 유인이 되기 때문인 것으로 판단된다. 이 상관계수는 조사포장의 꿀애가루깍지벌레 발생밀도에 따라 차이가 있었는데, 꿀애가루깍지벌레 발생밀도가 높았던 포장(Jocheon K)에서 성페로몬트랩과 황색끈끈이트랩의 발생밀도와 상관계수가 각각 0.816과 0.859로 비슷하였다. 또한 꿀애가루깍지벌레의 밀도가 가장 낮았던 포장(Aewol)에서는 성페로몬트랩과 황색끈끈이트랩의 발생밀도와 상관계수가 각각 0.326과 0.255로 성페로몬트랩이 더 높은 상관정도를 나타내고 있었다. 따라서 성페로몬트랩은 깍지벌레 발생밀도에 관계없이 사용할 수 있으나 황색끈끈이트랩은 밀도가 낮으면 사용이 어려우며 이용하는 경우에는 깍지벌레가 발생된 나무에 트랩을 설치해야 할 것으로 판단된다.

꿀애가루깍지벌레 수컷 성충은 연 4회 발생최성기가 나타나고 있었다. 꿀애가루깍지벌레는 전 발육태로 월동하는 것이 관찰되었지만 주로 2~3령 약충이 전체의 60%를 차지하고 있었다(Song, J.H., unpublished data). 이에 관여하는 수컷 성충 발생시기는 제 4회째 발생기로 9월 하순~10월 중순에 교미하여 부화한 약충이 주로 월동하는 것으로 판단된다. 꿀애가루깍지벌레 수컷 성충이 처음 발생하기 시작한 시기는 4월 중순이었으며, 5월 하순까지 트랩에 유인되었다. 한 발생세대 내에서 3회의 발생성기가 나타나고 있는데, 이는 월동한 약충의 발육정도의 차이에 의한 것으로 추정된다. 이들 발생성기를 발육적산온도를 이용하여 추정한 결과 1차는 3령 약충, 2차는 2령 약충, 3차는 1령 약충으로 판단되었다. 이와 같은 결과로 인해 그 이후 발생세대 간에 발육단계가 겹쳐지고 있다. 친환경재배에서

각지벌레 방제를 위해 주로 사용하고 있는 기계유유제가 1~2령 약충에서 방제효과가 높다(Kim *et al.*, 2008). 따라서 월동 직후인 2~3월에 기계유유제를 살포하여 1~2령 약충을 방제하는 것이 꿀애가루각지벌레의 효율적인 관리를 위해 중요하다고 생각된다.

꿀애가루각지벌레 수컷 성충의 발생시기로부터 적산온도를 이용하여 1령 약충이 발생하는 시기를 추정된 결과 Kim *et al.*(2008)이 보고한 산란전기간의 발육최저온도 8°C에서의 적산온도인 322DD와 비슷한 355DD였으며, 이는 Arai(2002)가 수컷 성충이 유인된 날로부터 1령 약충이 발생한 시기가 산란 전기간과 동일했다는 보고와 일치하였다. 두 적산온도 간에 차이가 있었던 것은 발생밀도 조사를 7일 간격으로 하였기 때문에 나타난 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서 추정된 최고-최저온도(각각 32.6°C와 10.9°C)를 이용하면 성페로몬트랩에 꿀애가루각지벌레 수컷 성충 최대 유인시기로부터 각지벌레 1령 약충 발생 최성기를 유효하게 추정할 수 있었다.

본 연구를 통해 꿀애가루각지벌레 수컷 성충의 성페로몬트랩에 유인되는 환경적 요인이나 트랩 형태 등에 대한 상세한 연구가 필요하지만, 합성 성페로몬 트랩을 이용하여 꿀애가루각지벌레의 발생예찰은 물론 방제시기의 결정에도 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : PJ907187)의 지원으로 수행한 결과입니다.

Literature Cited

- Arai, T. 1996. Temperature-dependent developmental rate of three mealybug species, *Pseudococcus citriculus* Green, *Planococcus citri* (Risso) and *Planococcus kraunhiae* (Kuwana) (Homoptera: Pseudococcidae) on citrus. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 40: 25-34.
- Arai, T. 2000. The existence of sex pheromone of *Pseudococcus cryptus* Hempel (Homoptera: Pseudococcidae) and a simple bioassay. *Appl. Entomol. Zool.* 35: 525-528.
- Arai, T. 2002. Attractiveness of sex pheromone of *Pseudococcus cryptus* Hempel (Homoptera: Pseudococcidae) to adult males in a citrus orchard. *Appl. Entomol. Zool.* 37: 69-72.
- Arai, T., H. Sugie, S. Hiradate, S. Kuwahara, N. Itagaki and T. Nakahara. 2003. Identification of a sex pheromone component of *Pseudococcus cryptus*. *J. Chem. Ecol.* 29: 2213-2223.
- Avidov, Z. and I. Harpaz. 1969. *Plant Pests of Israel*. Israel University Press, Jerusalem. 549 pp.
- Ben-Dov, Y., D.R. Miller and G.A.P. Gibson. 2004. ScaleNet. (<http://www.sel.barc.usda.gov/scalenet/scalenet.htm>).
- Bierl-Leonhardt, B.A., D.S. Moreno, M. Schwarz, J. Fargerlund, J.R. Plimmer and E.D. Devilbiss. 1980. Identification of the pheromone of the comstock mealybug. *Life Sci.* 27: 399-402.
- El-kreim, A.I.A. 1998. Swarming activity of the adult males of *Parlatoria date scale* in response to sex pheromone extracts and sticky color traps. *Archiv. Phytopathol. Plant Protec.* 31: 301-307.
- Hinkens, D.M., J.S. McElfresh and J.G. Millar. 2001. Identification and synthesis of the sex pheromone of the vine mealybug, *Planococcus ficus*. *Tetrahedron Lett.* 42: 1619-1621.
- Kim, D.H., H.M. Kwon and K.S. Kim. 2000. Current status of the occurrence of the insect pests in the citrus orchard in Cheju Island. *Kor. J. Appl. Entomol.* 39: 274-276.
- Kim, S.C., J.H. Song and D.S. Kim. 2008. Effect of temperature on the development and fecundity of the cryptic mealybug, *Pseudococcus cryptus*, in the laboratory. *Kor. J. Asia-Pac. Entomol.* 11: 149-153.
- Mendel, Z., L. Zegelman, A. Hassner, F. Assael, M. Harel, S. Tam and E. Dunkelblum. 1995. Outdoor attractancy of males of *Matsucoccus josephi* (Homoptera: Matsucoccidae) and *Elatophilus hebraicus* (Homoptera: Anthocoridae) to synthetic female sex pheromone of *Matsucoccus josephi*. *J. Chem. Ecol.* 21: 331-341.
- Millar, J.G., K.M. Danne, J.S. McElfresh, J.A. Moreira, R. Malakar-Kuenen, M. Guillén and W.J. Bentley. 2002. Development and optimization of methods for using sex pheromone for monitoring the mealybug *Planococcus ficus* (Homoptera: Pseudococcidae) in Californian vineyards. *J. Econ. Entomol.* 95: 706-714.
- Nakahata, T., N. Itagaki, T. Arai, H. Sugie and S. Kuwahara. 2003. Synthesis of the sex pheromone of the citrus mealybug, *Pseudococcus cryptus*. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 67: 2627-2631.
- Negishi, T., M. Uchida, Y. Tamaki, K. Mori, T. Ishiwatari, S. Asano and K. Nakagawa. 1980. Sex pheromone the comstock mealybug, *Pseudococcus comstocki* Kuwana: Isolation and identification. *Appl. Entomol. Zool.* 15: 328-333.
- SAS Institute. 1999. SAS OnlineDoc, version 8. SAS Institute, Cary, NC.
- Vitullo, J., S. Wang, A. Zhang, C. Mannion and J.C. Bergh. 2007. Comparison of sex pheromone traps for monitoring pink hibiscus mealybug (Homoptera: Pseudococcidae). *J. Econ. Entomol.* 100: 405-410.
- Zada, A., E. Dunkelblum, M. Harel, F. Assael, S. Gross and Z. Mendel. 2004. Sex pheromone of the citrus mealybug *Planococcus citri*: Synthesis and optimization of trap parameters. *J. Econ. Entomol.* 97: 361-368.
- Zhang, A., D. Amalin, S. Shirali, M.S. Serrano, R.A. Franqui, J.E. Oliver, J.A. Klun, J.R. Aldrich, D.E. Meyerdirk and S.L. Lapointe. 2010. Sex pheromone of the pink hibiscus mealybug, *Maconelliococcus hirsutus*, contains an unusual cyclobutanoid monoterpene. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 101: 9601-9606.