

배과원에서 성페로몬을 이용한 가루깍지벌레의 발생예찰과 교미교란

조영식* · 송장훈 · 임경호 · 최진호 · 이한찬

농촌진흥청 국립원예특작과학원 배시험장

Monitoring and Mating Disruption of *Pseudococcus comstocki* by Using a Sex Pheromone in Pear Orchards

Cho, Young Sik*, Jang Hoon Song, Kyeong-Ho Lim, Jin Ho Choi and Han Chan Lee

Pear Research Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Naju 520-821, Korea

ABSTRACT: This study was performed to monitor the seasonal occurrence of *Pseudococcus comstocki* (Kuwana) by using pheromone traps and to test a mating disruption technique to control this pest in pear orchards. We compared the attractiveness of rubber septa loaded with 1.5 and 3.0 mg of the pheromone, 2,6-dimethyl-1,5-heptadien-3-yl acetate. A total of 1,021 and 1,431 males were caught in traps baited with 1.5 mg and 3 mg of the pheromone, respectively. The numbers of males caught were not affected by trap color, although yellow traps were more attractive than white traps. In 2012, *P. comstocki* males were captured between June and October, with peaks in late June, early August, and late September. In 2013, the males were trapped between June and October, with peaks in middle June, late July, and late September. In pheromone mating disruption tests, catches were reduced by 17.7, 65.3, and 62.9% in orchards treated with 450, 900, and 1,350 mg per 10 a of the pheromone, respectively. At harvest, 3.4, 2.9, and 4.8% of fruits in orchards treated with 450, 900, and 1,350 mg per 10 a were damaged by *P. comstocki*, while 9.5% were damaged in the control orchard.

Key words: *Pseudococcus comstocki* (Kuwana), Sex pheromone, Monitoring, Mating disruption, Pear

초록: 배나무에서 가루깍지벌레의 합성 성페로몬을 이용하여 수컷 성충의 발생 양상과 교미교란 효과 검토를 통해 효과적인 방제 정보를 제공하고자 본 시험을 수행하였다. 가루깍지벌레 성페로몬(2,6-dimethyl-1,5-heptadien-3-yl acetate)이 3 mg과 1.5 mg씩 침적된 고무 캡으로 수컷 유인수를 조사하였는데, 총포획수는 1.5 mg을 침적시킨 트랩에 1,021마리, 3 mg을 침적시킨 미끼에는 1,431마리의 수컷 성충이 포획되어 3 mg을 침적시킨 미끼에 더 많이 유인되었다. 황색과 백색 트랩에 의한 포획량의 차이는 황색트랩에 평균 포획수가 약간 더 많았지만 유의성은 없었다. 가루깍지벌레의 수컷 성충은 2012년에 6월부터 10월까지 포획되었는데, 6월 중순에 가장 많은 수가 포획되었고, 8월 상순, 9월 하순에도 발생 peak를 보였다. 2013년에도 6월부터 10월까지 포획되었는데, 6월 중순에 가장 높은 발생 최성기를 보였고, 7월 하순, 9월 하순에도 발생 최성기를 보였다. 가루깍지벌레 성페로몬을 이용한 교미교란제를 10 a당 450, 900, 및 1,350 mg의 농도로 과수원에 설치한 경우, 수컷 성충의 트랩 유인저해율은 각각 17.7, 65.3, 62.9%였다. 한편, 10a당 450, 900, 및 1,350mg 처리한 시험구에서 수확기에 피해과율이 각각 3.4, 2.9, 4.8%를 보인 반면, 교미교란제를 처리하지 않은 시험구에서는 9.5%였다.

검색어: 가루깍지벌레, 성페로몬, 발생예찰, 교미교란, 배나무

가루깍지벌레(*Pseudococcus comstocki* (Kuwana))는 우리나라에서 배나무의 주요해충의 하나로 Kwon and Han(2003)은 11종의 과수에서 발생하는 깍지벌레류를 조사하였는데 배나무에서 5종의 깍지벌레가 발생하고 배가루깍지벌레(*Comstockaspis*

matsumotoi)는 전남 나주의 일부 농가에서 봉지를 씌운 배 열매의 5% 이상 발생하고, 산호제깍지벌레(*C. perniciosus*), 짙은 깍지벌레(*Drosicha corpulenta* (Kuwana)), 온실가루깍지벌레(*P. kraunthiae* (Kuwana)), 배나무흰깍지벌레(*Lopheleucaspis japonica* (Cockerell)) 등이 지역에 따라서 발생한다고 하였다. 그러나 남부지방 배나무에 발생하는 깍지벌레 중 온실가루깍지벌레가 80.6%로 우점한다고 하여 조사에 따라 다른 결과가

*Corresponding author: agridream@korea.kr

Received March 13 2014; Revised April 29 2014

Accepted June 5 2014

있다(Park and Hong, 1992).

가루깍지벌레는 배나무의 나무껍질 틈이나 전정가지의 절단면의 틈 등에서 왁스물질에 싸인 알덩어리로 월동하고, 월동한 알이 부화하여 약충들이 나무 껍질의 틈 등 상처부위에 부풀어 오른 조직에서 서식하여 가해하기도 하고 배 재배기간 동안 과실로 이동하여 직접 흡즙하여 피해를 주기도 한다. 과실에서 피해를 주는 경우 배는 봉지를 씌우기 때문에 작물보호제에 직접 노출이 되지 않아 방제 효과가 충분히 발휘되지 않고 약충과 성충이 보이지 않는 곳에서 서식하며, 왁스물질을 분비하기 때문에 더욱 더 방제 효과를 보기 어렵다. 가루깍지벌레의 생태 연구로 국내에서 Jeon et al.(1996)이 가루깍지벌레 월동알 부화시기 예측을 위해 온도별로 월동알 부화기간을 조사한 결과, 15~25°C 영역에서 얻은 직선회귀식에 의해 발육영점온도를 11.9°C로 추정하였고 발육완료를 위한 적산온도는 154.14일도라고 보고하였다. 일본에서는 최근에 Sawamura and Narai(2008)가 온실가루깍지벌레와 가루깍지벌레에 대해 발육과 증식능력에 관한 온도의 영향을 비교하였는데, 발육한계 온도는 두 종 모두 30°C 근처이며, 발육영점온도와 발육을 완료하기 위한 적산온도는 온실가루깍지벌레가 각각 12.2°C, 331일도, 가루깍지벌레가 각각 10.8°C, 346일도라고 하였으며, 두 종 모두 24°C에서 산란수가 많았고 평균 산란수는 온실가루깍지벌레가 526개, 가루깍지벌레가 498개라고 보고하였다.

한편, 가루깍지벌레과(Pseudococcidae) 중 가루깍지벌레의 성페로몬은 2,6-dimethyl-1,5-heptadien-3-yl acetate임을 Negishi et al.(1980)이 밝혔고, 온실가루깍지벌레에 대해서는 Sugie et al.(2008)이 2-isopropyliden-5-methyl-4-hexen-1-yl butyrate임을 동정하였다. 국내에서 가루깍지벌레류 성페로몬을 활용한 연구로는 Song et al.(2012)이 굴애가루깍지벌레(*P. cryptus*)의 예찰과 방제적기 결정을 위해 성페로몬을 이용하여 시험하였는데 성페로몬의 농도가 미끼당 5.0 mg까지 유인력이 증가하고, 트랩색은 통계적 유의성은 없지만 황색이 더 많이 유인되는 경향이며, 성페로몬 트랩이 굴나무에서 4 m 이상 떨어진 경우 거의 유인되지 않는다고 하였다. 성페로몬을 활용한 방제 연구는 일본에서 Teshiba et al.(2009)이 소규모의 감과원에서 온실가루깍지벌레를 대상으로 수행하였는데, 교미교란제로 성페로몬을 설치한 결과 교미율이 현저히 감소하고 다음 세대의 밀도를 억제한다고 하였다. Walton et al.(2006)은 *Planococcus ficus*의 페로몬 성분을 연 3~4회 살포한 결과 86% 이상 밀도가 감소했다고 보고하였다.

본 연구는 배나무에서 가루깍지벌레의 합성 성페로몬을 이용하여 수컷 성충의 발생 양상을 조사하여 효과적인 방제시기의 결정과 교미교란 효과를 평가하기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

가루깍지벌레 성페로몬인 2,6-dimethyl-1,5-heptadien-3-yl acetate를 (주)그린아그로텍에 의뢰하여 합성하도록 하였고, 예찰용 미끼는 1.5와 3.0 mg의 페로몬을 적색 고무격막(rubber septum)(Aldrich Chemical Co., USA)에 침적하여 사용하였다. 교미교란 효과는 10 cm의 polyethylene tube dispenser((주)그린아그로텍)을 사용하여 평가하였는데 1개당 가루깍지벌레 성페로몬 성분 30 mg을 침적하여 사용하였다. 시험은 나주시에 소재하고 있는 국립원예특작과학원 배시험장 포장에서 수행하였다.

성페로몬 트랩을 이용한 가루깍지벌레 예찰

2012년에는 가루깍지벌레 성페로몬 성분이 1.5와 3.0 mg이 침적된 방출기로 발생 소장을 조사하였는데 트랩은 나방용 델타트랩의 평판 백색끈끈이트랩(15 × 10 cm) 상부에 구멍을 뚫고 그 곳에 방출기를 끼워 배나무 가지(지상 130~150 cm)에 6월 상순부터 걸어 두고 1주일 간격으로 끈끈이 판을 교체하였으며, 수거한 끈끈이판은 실체현미경(× 10) 하에서 포획수를 조사하였다. 2013년에는 5월 상순부터 가루깍지벌레 페로몬 3.0 mg이 침적된 미끼를 이용하였는데, 백색과 황색 끈끈이판(15 × 10 cm, (주)그린아그로텍)을 설치하여 유인수를 비교하였다. 미끼는 약 1개월 간격으로 교체하였다. 시험포장은 Fig 1과 같이 구분하였는데 무처리 시험구(A)에 3개씩 설치하였다. 가루깍지벌레 성페로몬 성분 농도와 트랩 색깔에 대한 유인수의 통계적인 유의성은 *t*-test ($\alpha=0.05$)로 비교하였다.

성페로몬 트랩을 이용한 가루깍지벌레 교미교란 효과

교미교란 효과 시험이 수행된 포장은 Fig. 1과 같이 배치하였는데, A, B, C, D 포장 면적은 각각 2,600, 6,600, 8,000, 9,000m²인데, A 포장은 가루깍지벌레 교미교란 효과시험의 무처리구로 하였다. B, C, D 각각 시험구는 6등분하여 교미교란제 간섭을 줄이기 위해 10a 정도씩 3개 구간을 선택하여 페로몬 성분량으로 450 mg, 900 mg 및 1,350 mg이 되도록 방출기를 설치하였다. 각각 포장간의 거리는 최소 30 m 이상 떨어지게 하였지만, C와 D 시험구가 10 m 정도 떨어져 있었다. 시험한 과수원의 방제내역은 Table 1과 같다.

가루깍지벌레의 교미교란 효과는 2013년 5월 상순부터 10월 중순까지 조사하였는데 10 cm의 polyethylene tube dispenser((주)그린아그로텍)에 가루깍지벌레 페로몬을 개당 30 mg씩

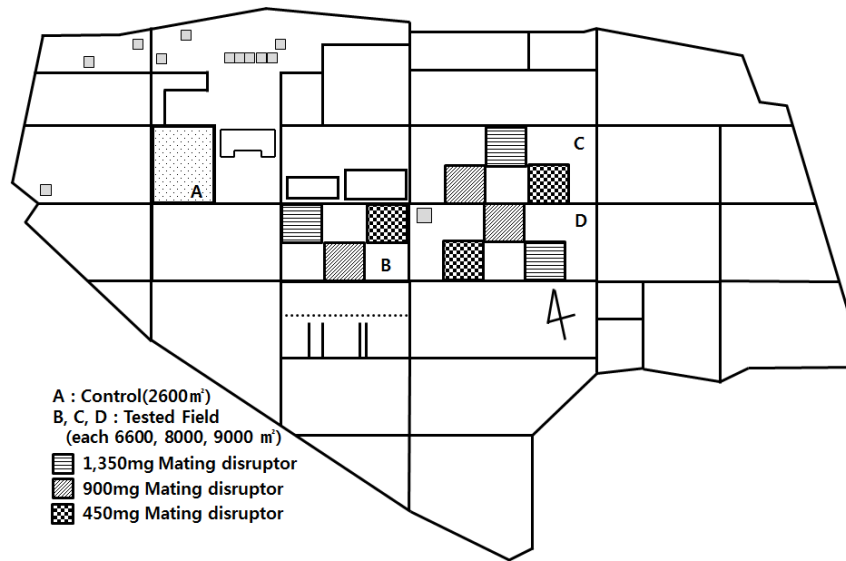


Fig. 1. Schematic diagram of orchards used in the monitoring and mating disruption trials against *Pseudococcus comstocki*, Pear Experiment Station, Naju, Republic of Korea.

Table 1. Insecticides applied to pear orchards at the Pear Experiment Station

Date	Target Pest	Insecticides
2012		
March 3rd	Pear sucker	Machine oil
April 28th	Pear sucker, Mealybug	thiacloprid 10SC
May 8th	Pear sucker, Mealybug	acetamiprid+etofenprox 2.5+8WP
May 17th	Pear sucker	amitraz+buprofezin 12.5+12.5Ec
May 28th	Pear sucker	abamectin 1.8Ec
June 4th	Mealybug, Pear sucker	thiacloprid 10SC
June 11th	Pear sucker	dinotefuran 10WG
June 21th	Pear sucker	thiamethoxam 10WG
July 2nd	Pear sucker	lambda-cyhalothrin+thiamethoxam 1.4+6.7SG
August 15th	Pear sucker, Moths	chlorpyrifos+diflubenzuron 20+7wp
2013		
March 8th	Pear sucker	Machine oil
April 21th	Pear sucker	acetamiprid 8WP
April 24th	Pear sucker	dinotefuran 10WP
April 28th	Pear sucker, Mealybug	thiacloprid 10SC
May 9th	Pear sucker	thiamethoxam 10WG
May 19th	Pear sucker	dinotefuran 10WG
May 26th	Pear sucker	amitraz+buprofezin 12.5+12.5Ec
June 12th	Mealybug, Pear sucker	buprofezin+clothianidin 10+3SC
June 28th	Pear sucker	abamectin 1.8Ec

담았고, 10 a당 페로몬 총량이 450 mg, 900 mg 및 1,350 mg이 되도록 방출기를 설치하고 발생소장 조사와 마찬가지로 예찰용 트랩을 걸어두고 1주일 간격으로 포획수를 조사하였다. 교

미교란 효과를 판정하기 위하여 트랩유인 저해율을 $\{[(\text{무처리구 총포획수}-\text{처리구 총포획수})/\text{무처리구 총포획수}] \times 100\}$ 로 구했고, 가루까지벌레 피해과율을 9월 상순에 교미교란 처

리구와 무처리구에서 3나무의 모든 과실을 수확하여 피해를 조사하였는데, 과실에서 가루깍지벌레가 발견된 과실을 모두 피해과실로 인정하였다. 처리량에 따른 교미교란 효과는 분산분석(PROC ANOVA)을 통해 그 차이를 검정하였다(SAS Institute, 1999).

결 과

성페로몬 트랩을 이용한 가루깍지벌레 예찰

가루깍지벌레 성페로몬을 1.5와 3.0 mg씩 고무 격막에 침적한 미끼로 2012년 6월 중순부터 10월 상순까지 가루깍지벌레 수컷 유인수를 조사한 결과, 트랩 당 평균 포획수는 170.2와 238.5마리로 3.0 mg을 침적시킨 미끼에 더 많이 유인되었다(Fig. 2). 트랩 색깔이 포획량에 미치는 영향을 평가한 결과, 황색트랩에 의한 포획수가 약간 더 많았지만 흰색 트랩과 큰 차이가 없었다(Fig. 3).

2012년에 6월 상순에 페로몬이 3 mg씩 담긴 미끼를 설치하여 가루깍지벌레의 발생소장을 조사한 결과(Fig. 4), 6월 하순, 8월 상순, 9월 하순에 각각 발생 최성기를 보였다. 2013년에는 5월 상순부터 조사하였는데, 수컷은 6월부터 10월까지 트랩에

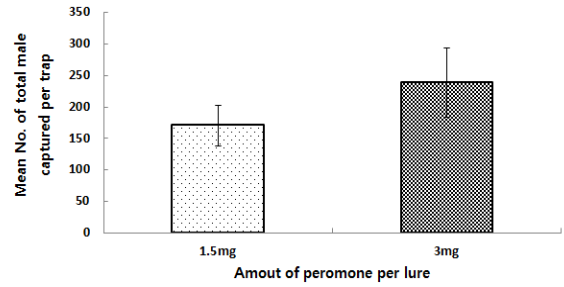


Fig 2. Mean number of *P. comstocki* males caught using two different amounts of the sex pheromone in 2012 (F test : F-value=2.91, p-value = 0.267; T test($\alpha=0.05$), T value= 2.37, P value : 0.039).

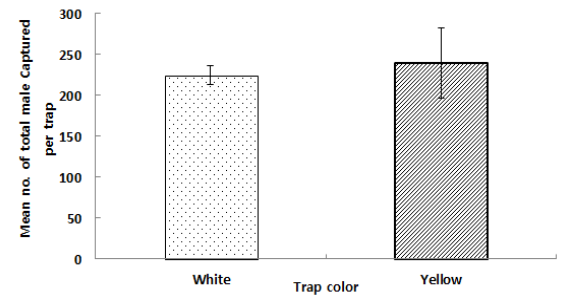


Fig 3. Mean number of *P. comstocki* males caught using sticky traps of two different colors in 2013 (F-test : F value=0.07, P value=0.14; T-test($\alpha=0.05$), T-value=0.49, p-value = 0.67).

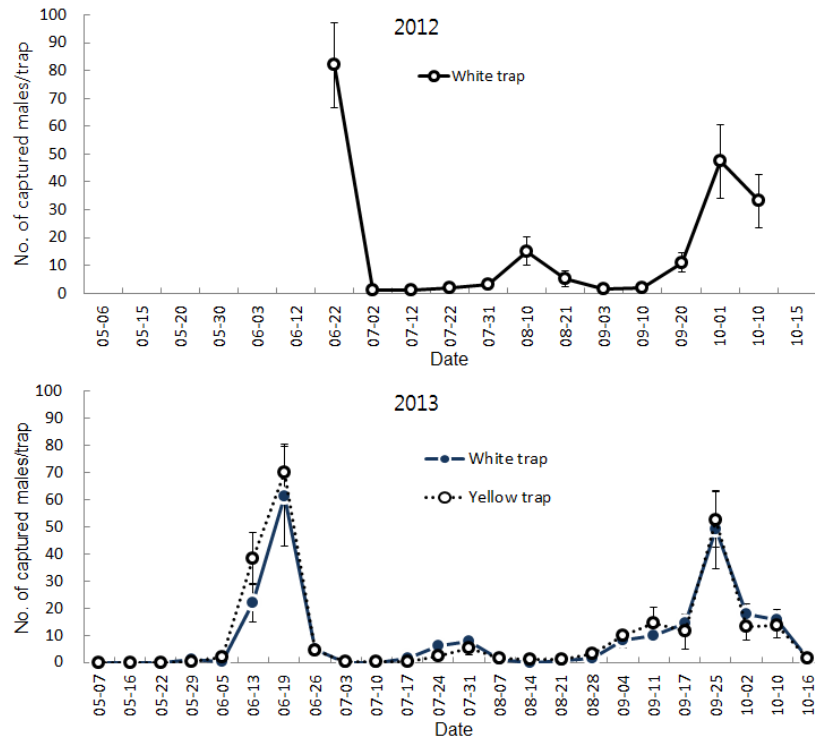


Fig. 4. Fluctuation in the occurrence of *P. comstocki* male adults caught using pheromone traps in pear orchards between 2012 and 2013 .

유인되었고 6월 중순, 7월 하순, 9월 하순에 각각 발생 최성기를 보였다.

성페로몬 트랩을 이용한 가루깍지벌레 교미교란 효과

배 과수원에서 가루깍지벌레 페로몬이 처리된 교미교란제는 10 a당 450, 900, 및 1,350 mg을 설치하여 연중 발생소장을 조사한 결과, 8월까지의 무처리구에 비해 교미교란구에서 포획수가 훨씬 적었으나, 9월부터는 교미교란구의 유인수가 무처리구와 큰 차이가 없었다(Fig. 5).

교미교란 효과를 평가하기 위하여 페로몬을 10 a당 450, 900, 1,350 mg 처리한 과수원에서 수컷 성충의 트랩 유인저해율은 각각 17.7, 65.3, 62.9%였으며(Table 2), 과신피해율은 각각 3.4, 2.9, 4.8%로서 무처리의 9.5%보다 낮았다(Table 3).

고찰

일반적으로 페로몬 트랩의 형태와 크기가 포획하고자 하는 해충의 포획수에 영향을 미치는데, Zada 등(2004)은 같은 양의 페로몬 미끼를 사용한 경우, 평판트랩의 크기가 30 × 130 cm인

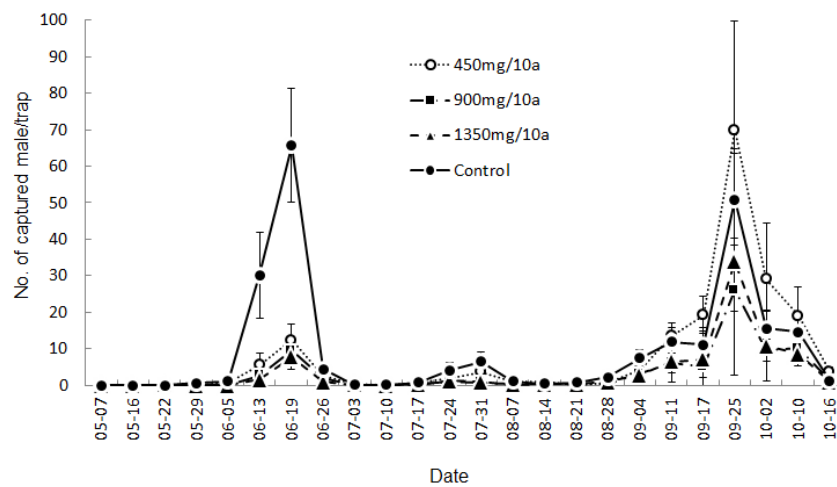


Fig. 5. Fluctuation in the occurrence of *P. comstocki* male adults after different pheromone applications for mating disruption in 2013.

Table 2. Total number of *P. comstocki* males caught by traps and rates of reduction in catches after different pheromone treatments in 2013

Treatment (mg/10a)	White trap		Yellow trap		Trap total	
	Total no. of male captured	% reduction catch**	Total no. of male captured	% reduction catch	Total no. of male captured	% reduction catch
0	224.3±11.9 a*	-	239.7±32.3 a	-	232.0±32.2 a	-
450	140.7±11.6 b	37.3	241.0±38.9 a	0	190.8±57.8 a	17.7
900	77.7±18.6 b	65.4	83.3±16.5 b	65.2	80.5±17.8 b	65.3
1,350	113.3±65.8 b	49.5	58.7±16.5 b	75.5	86.0±54.1 b	62.9

* DMRT at $\alpha=0.05$.

**% reduction catch=[(Total no. of males captured in the control - Total no. of males captured in the treatment)/(Total no. of males captured in the control)] × 100

Table 3. Fruit damaged at harvest by *P. comstocki* after different pheromone treatments in 2013

Treatment (mg/10a)	Mean no. of fruit observed	Mean no. of fruit infested	Mean rate of fruit damage (%)	Control value (%)
0	147.0	14.3±7.4	9.52±0.5 a*	-
450	186.3	6.3±1.3	3.39±0.6 b	64.4
900	212.7	6.3±2.5	2.93±1.0 b	69.2
1,350	199.3	9.3±3.7	4.83±1.3 b	49.3

*DMRT at $\alpha=0.05$

것이 15 × 15 cm인 것 보다 더 많은 *Planococcus citri*를 포획한다고 보고하였으며, 트랩의 형태는 평판 트랩이 델타 트랩 보다 더 많은 수컷을 포획한다고 하였다. 반면에 Millar et al.(2002)은 델타 트랩과 양면에 끈끈이가 처리된 평판 트랩을 이용하여 *P. ficus* 페로몬의 유인력을 조사한 결과, 델타 트랩에 더 많은 수가 유인된다고 보고하였다.

본 시험에서는 15 × 10 cm의 양면에 끈끈이가 있는 평판 트랩을 사용하였는데 트랩의 크기가 커지면 포획수가 더 많아질 가능성은 있지만 실제 포장에서 바람에 의한 파손 등 관리에 어려움이 따를 것으로 예상되어 깍지벌레류에 대한 적절한 트랩의 개발이 필요하다고 생각된다. 한편, Zada et al.(2004)은 *P. citri* 페로몬 방출에 대한 지속성도 시험하였는데 미끼당 200 µg의 페로몬 성분을 침적시켜 조사한 결과, 새로운 미끼와 2~16주 사용한 미끼의 유인력 사이에 차이가 없다고 하였고, Millar et al.(2002)도 *P. ficus*의 페로몬 성분을 미끼당 100 µg씩 침적시켜 유인량을 조사한 결과, 포장에서 12주 정도까지 유인효과가 있다고 하였다. 보통 나방류 성페로몬 트랩의 미끼도 4~6주 사이에 교환할 것을 추천하는데, 가루깍지벌레의 성페로몬 예찰용 트랩도 고무 격막의 미끼에 성페로몬 성분을 침적하여 사용하면 4~6주 간격으로 교환하여 조사하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 한편 깍지벌레류 성페로몬 트랩 간의 거리도 포획수에 영향을 미치는데, Millar et al.(2002)은 *P. ficus*에서 성페로몬 100 µg이 처리된 페로몬 트랩 간의 거리가 10~50 m인 경우에는 포획수에 차이가 없다고 하였지만, Song et al.(2012)은 *P. cryptus* 성페로몬 1 mg씩 침적한 미끼를 사용한 경우 피해주로부터 4 m 떨어진 트랩에는 거의 유인되지 않았다고 하여 종에 따라 비행능력 등의 차이가 있음을 시사하고 있는데, 배나무에서 깍지벌레류는 같은 포장내에서 나무당 발생의 차이가 심한 경우가 많아 트랩과의 거리와 트랩 설치 밀도가 발생예찰에서 중요한 요소일 것으로 생각된다. 그렇지만 국내에서는 대체로 트랩 사용이 과수원 내부에서 이루어진다고 보면, 깍지벌레가 발생한 나무를 파악한다면 깍지벌레 발생원과 트랩의 거리는 크게 중요하지 않을 것으로 본다. 한편, Jeon et al.(2003)은 1993~1994년 수원에서 조사한 결과, 가루깍지벌레 성충이 6월 중하순, 8월 중하순, 10월 하순 발생 최성기를 보인다고 하였고, 실제 조사자료와 예측모형과는 0~6일의 차이를 보인다고 하였는데 본 조사와 지역과 시기의 차이를 감안한다면, 1세대 성충의 발생시기는 거의 일치하고, 2~3세대의 발생시기가 약간 다르게 보였다. 방제측면으로 보면 Agnello et al.(1992)은 가루깍지벌레 약충 발생 초기에 방제효과가 좋다고 하였는데, 배는 봉지를 씌워 재배하고, 10년 이상 수령의 나무는 나무껍질 틈이 많아 약충 발생기에는 방제 효과가 낮아질 가능성이 있어 성충

발생기를 중심으로 방제하여야 할 것으로 생각된다.

Teshiba et al.(2009)은 감에서 온실가루깍지벌레를 대상으로 페로몬 양을 a 당 1 g을 설치하여 교미교란 효과를 조사한 결과, 처리구에서 발생밀도와 피해과율이 무처리구에서 보다 더 적어 방제효과가 인정된다고 보고하였다. 또한 교미교란제를 처리한 시험구와 무처리구에서 암컷성충의 산란율이 16.7과 97.9%로 큰 차이를 보인다고 하였다.

Walton et al.(2006)은 포도에 발생하는 *P. ficus*의 교미교란 방제를 위해 성페로몬을 마이크로캡슐 형태로 제형화하여 연 3~4회 살포한 결과, 밀도가 낮은 과원에서 발생밀도가 86% 이상 감소하였지만 밀도가 높은 과원의 경우에는 밀도 변동에 큰 차이가 없다고 하였다. 본 시험에서는 2013년 5월 상순에 교미교란제를 1회 설치하여 교미교란 효과를 조사한 결과, 교미교란 처리구에서 7월까지의 포획수가 적었으나, 9~10월에는 무처리와 큰 차이가 없었다. 이는 5월 1일 설치한 교미교란제가 여름철 고온 등 기상요인에 의해 페로몬 성분의 휘발이 일찍 이루어졌기 때문으로 생각된다. 이로 인해 교미 저해율이 낮은 것으로 보이니, 10 a당 900 mg의 성페로몬 성분이 설치될 때 69% 이상의 교미저해를 할 것으로 판단된다. 또한 10 a당 1,350 mg의 성페로몬 성분이 설치된 시험구에서 오히려 저해율이 낮은 이유는 가루깍지벌레의 발생 특성으로 생각되어지는데, 일부 배나무에 가루깍지벌레 발생이 많았기 때문인 것으로 생각된다.

배 과수원에서 가루깍지벌레의 발생예찰과 교미교란을 위해 성페로몬을 효과적으로 이용하기 위해서는 적정 트랩 유형의 선별, 장기간에 걸쳐 지속적으로 페로몬을 방출하는 소재 개발, 및 교미교란제 처리 농도와 시기 등에 관한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 어젠다 시험연구과제(과제번호 PJ008664-배 과수원 난방제 병해충 조기예찰과 방제기술 연구)를 수행하는 과정에서 얻은 결과를 바탕으로 작성되었습니다.

Literature Cited

- Agnello, A.M., Spangler, S.M., Reissin, W.H., Lawson, D.S., Weires, E.W., 1992. Seasonal Development and management strategies for comstock mealybug (Homoptera: Pseudococcidae) in New York pear orchards. *J. Econ. Entomol.* 85, 212-225.
- 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.
- 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.
- Kwon, Gi-Myon and Han, Man-Jong, 2003. Scale insect (Stenorrhyncha) occurred on fruit trees in Korea. Korean. J. Appl. Entomol. 42, 279-288.
- Millar, J. G., Daane, K.M., McElfresh, J.S., Moreira, J.A., Malakar-Kuenen, R., Guillen, M., Bentley, W.J., 2002. Development and optimization of methods for using sex pheromone for monitoring the mealybug *Planococcus ficus* (Homoptera: Pseudococcidae) in California vineyards. J. Econ. Entomol. 95, 706-714.
- Negishi, T., Uchida, M., Tamaki, Y., Mori, K., Isiwatari, T., Asano, S., Nakagawa, K., 1980., Sex pheromone of the comstock mealybug, *Pseudococcus comstocki* Kuwana: isolation and identification. Appl. Entomol. Zool. 15, 328-333.
- Park, J.D. Hong, K.H., 1992., Species, damage and population density of Pseudococcidae injuring pear fruits. Korean J. Appl. Entomol. 31, 133-138.
- SAS Institute., 1999. SAS OnlineDoc. Version 8. SAS Institute. Cary, NC.
- Sawamura, N. Narai, Y., 2008. Effect of temperature on development and reproductive potential of two mealybug species *Planococcus kraunhiae* (Kuwana) and *Pseudococcus comstocki* (Kuwana) (Homoptera: Pseudococcidae). Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 52, 113-121.
- Song, J.H., Choi, K.S., Hong, S.Y., Lee, S.C., 2012. Seasonal phenology of the cryptic mealybug, *Pseudococcus cryptus* (Homoptera: Pseudococcidae) based on attraction of adult males to a sex pheromone trap. Kor. J. Appl. Entomol. 51, 207-213.
- Sugie, H., Teshiba, M., Narai, Y., Tsutsumi, T., Sawamura, N., Tabata, J., Hiradate, S., 2008. Identification of a sex pheromone component of the Japanese mealybug, *Planococcus kraunhiae* (Kuwana). Appl. Entomol. Zool. 43, 369-375.
- Teshiba M., Shimizu, N., Sawamura, N., Narai, Y., Sugie, H., Sasaki, R., Tabata, J., Tsutsumi, T., 2009. Use of a sex pheromone to disrupt the mating of *Planococcus kraunhiae* (Kuwana) (Homoptera: Pseudococcidae). Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 53, 173-180.
- Walton, V.M., Daane, K.M., Bentley, W.J., Millar, J. G., Larsen, T.E., Malakar-Kuenen, R., 2006. Pheromone-based mating disruption of *Planococcus ficus* (Homoptera: Pseudococcidae) in California Vineyards. J. Econ. Entomol. 99, 1280-1290
- Zada, A., Dunkelblum, E., Harel, M., Assael, F., Gross, S., Mendel, Z., 2004. Sex pheromone of citrus mealybug *Planococcus citri*. Synthesis and optimization of trap parameters. J. Econ. Entomol. 97, :361-368.