韓應昆誌 45(2): 161~167 (2006)
Korean J. Appl. Entomol.

제주지역에서 귤굴나방, *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae)의 성페로몬, (Z,Z)-7,11-hexadecadienal에 대한 반응

송정흡* · 강상훈
제주도농업기술원

Responses of Citrus Leafminer, *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) for a Sex Pheromone Component, (Z,Z)-7,11-hexadecadienal on Jeju Island

Jeong-Heub Song* and Sang-Hoon Kang
Jeju-do Agricultural Research and Extension Services, Jeju 695-902, Korea

ABSTRACT : The citrus leafminer (CLM), *Phyllocnistis citrella* Stainton, is an oligophagous pest of Rutaceae family, especially *Citrus* spp. occurring in most worldwide citrus-growing areas. This study was conducted to evaluate a sex pheromone chemical of CLM, (Z,Z)-7,11-hexadecadienal (7Z,11Z-16:Al) in monitoring CLM by trap types, the diel activity and the influence of some weather factors on trap catch. CLM was well attracted on a trap baited 7Z,11Z-16:Al 1mg. Sticky wing trap was more effective than bucket trap. Most caught CLM were attracted at 2~6 a.m. regardless of season, and activity time of CLM was affected by sunrise time as well as sunset time. The trap catch of CLM was more influenced by wind velocity than temperature for activity time of CLM. The number of caught CLM was fallen at below 13℃, but there was little effect for trap catch at over that temperature. The average wind velocity at over 2.0 m/sec made the number of caught CLM drop down. The precipitation did not affect the number of caught CLM when the average wind velocity was lower than at 2.0 m/sec.

KEY WORDS : Citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella*, (Z,Z)-7,11-hexadecadienal, Diel activity, Weather factors

초 록 : 귤굴나방, *Phyllocnistis citrella* Stainton은 운향과(Rutaceae) 특히 감귤류를 가해하는 해충으로 성페로몬 (Z,Z)-7,11-hexadecadienal (7Z,11Z-16:Al)에 대한 귤굴나방의 반응 특성을 조사하였다. 귤굴나방의 포획효율은 7Z,11Z-16:Al을 미끼로 한 끈끈이날개트랩을 이용했을 때 높았다. 귤굴나방이 유인되는 시간대는 일출과 일몰시간이 관여하고 있으며, 그 시간은 오전 2~6시로 일일 유인수의 93.1%를 차지하였다. 또한 이 시간대의 평균온도와 풍속, 강우가 귤굴나방 트랩 포획에 미치는 영향을 조사한 결과 풍속의 영향이 가장 높았다. 평균온도 13℃이하에서는 유인수가 감소하였으나 그 이상의 온도에서는 별다른 영향이 없었다. 풍속은 2.0 m/sec 이상일 때에는 유인수가 급격히 줄어드는 경향이었으며, 강우는 별다른 영향이 없었다.

검색어 : 귤굴나방, *Phyllocnistis citrella*, (Z,Z)-7,11-hexadecadienal, 일주활동, 기상요인

*Corresponding author. E-mail: sjheub@hanmail.net

귤굴나방, *Phyllocnistis citrella* Stainton은 운향과(Rutaceae family) 특히 모든 감귤류를 가해하는 해충으로(Jacas *et al.*, 1997) 동남아시아 지역을 중심으로 발생하였으나 1990년대 중반부터는 브라질, 멕시코, 미국 등 미주지역을 비롯하여 전 세계적으로 발생하고 있다(Urbaneja *et al.*, 2001). 귤굴나방은 어린잎에(길이 5~45 mm; Garrido and Gascón, 1995) 산란하기 때문에 그 피해는 어린 순의 존재 유무 즉, 감귤의 신초 발생 양상에 따라 달라진다. 귤굴나방은 주로 잎에 피해를 주지만, 발생밀도가 높을 때에는 새순과 열매에도 피해를 주고 있다. 귤굴나방에 대한 경제적 피해허용수준은 아직 확립되어 있지 않은 상태이고 어린 나무에 피해가 크기 때문에 성목보다는 주로 어린나무시기에 방제를 하고 있다. 그러나 감귤 궤양병, *Xanthomonas campestris* pv. *citri*이 바람 등에 의한 상처 감염보다 귤굴나방의 가해부위로 더 쉽게 감염되는 것으로 알려져 있어(Gottwald *et al.*, 2002; Bergamin-Filho and Hughes, 2002) 본 병에 대한 저항성이 약한 품종에서는 피해 우려가 높다.

본 연구에서 이용한 귤굴나방 성페로몬 (Z,Z)-7,11-hexadecadienal (7Z,11Z-16:Al)은 일본에서 귤굴나방 수컷에 대해 강한 유인력을 갖고 있는 것으로 알려져 있으며(Ando *et al.*, 1985), 봄철 귤굴나방에 의한 피해를 발견하기 힘들 정도로 밀도가 낮은 시기에도 성충을 유인할 수 있어 발생 예찰에 적용할 수 있다고 하였다(Ujiye, 1990). 그러나 7Z,11Z-16:Al은 일본에서는 귤굴나방의 유인에 성공적으로 이용되고 있지만, 중국, 이태리, 스페인, 미국, 터키, 브라질 등에서는 귤굴나방이 유인되지 않았다는 보고가 있다(reviewed in Sant'ana *et al.*, 2003). 이에 따라 귤굴나방의 성 페로몬 성분을 분석한 결과(Z,Z,E)-7,11,13-hexadecatriental, (Z,Z)-7,11-hexadecadienal, (Z)-7-hexadecenial 3종류가 있는 것으로 밝혀졌다(Leal *et al.*, 2006; Moreira *et al.*, 2006).

본 시험은 성 페로몬인 7Z,11Z-16:Al과 그 이성체인 (Z,E)-7,11-hexadecadienal (7Z11E-16:Al)의 귤굴나방에 대한 유인 여부와 7Z,11Z-16:Al을 미끼로 한 성 페로몬 트랩을 이용하여 귤굴나방의 유인 시간대 및 트랩 포획에 영향을 미치는 기상요인을 조사하여 성 페로몬 트랩을 이용한 귤굴나방의 예찰 가능성을 검토하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

성 페로몬 성분 및 트랩종류

시험에 사용한 성 페로몬 7Z11Z-16:Al과 그 이성체인 7Z11E-16:Al은 고무격막(11 mm, Wheaton Scientific, USA)당 성페로몬 1 mg과 항산화제(10% butylated hydroxytoluene, BHT) 1mg, 용매로 헥산(hexane) 200 ㎕으로 조제하였으며, 성 페로몬 성분의 조합은 1+0 mg과 0.5+0.5 mg, 0+1 mg의 세가지 조합을 사용하였다. 트랩은 일반적으로 많이 이용되고 있는 끈끈이날개트랩(sticky wing trap)과 통트랩(bucket trap)에 대하여 유인력 차이를 조사하였다. 시험은 제주도농업기술원 상귀농업연구센터내 감귤원에서 높이 120 cm의 지주대에 트랩을 설치하여 2001년 7월 4일부터 7월 13일까지 트랩을 주구로 한 분할구배치법 6반복으로 수행하였다. 조사기간 동안 나방 유인수 조사는 매일 오전 11시에 실시하였고, 끈끈이날개트랩은 그 밑판을 교체하였다.

귤굴나방의 유인 시간대

7Z11Z-16:Al 1 mg을 미끼로 한 끈끈이날개트랩을 이용하여 귤굴나방의 유인 시간대를 조사하였다. 트랩의 설치는 10 m 이상 떨어져 있는 임의의 감귤나무 3주에 지상에서 120 cm 높이로 매달아 놓고 2001년 7월 8일, 7월 21일, 8월 21, 10월 26일 총 4회 조사하였다. 조사시간은 조사일 오전 9시에 트랩을 설치하여 1시간 간격으로 다음날 오전 9시까지 유인된 나방수를 조사하였다.

귤굴나방의 트랩 포획에 영향을 미치는 기상요인

온도, 풍속, 강우 등 기상요인이 귤굴나방의 트랩 포획에 미치는 영향을 조사하기 위하여 Z7Z11-16:Al 1 mg을 미끼로 한 끈끈이날개트랩을 높이 120 cm, 트랩 간격 10 m로 3주의 감귤나무에 매달아 놓고 2001년 6월 22일부터 11월 30일까지 매일 11시에 트랩을 교체하여 유인된 나방수를 조사하였다. 분석에 이용한 기상자료는 제주도 농업기술원 상귀농업연구센터 내에 설치된 종합기상관측소의 자료(1시간 간격 관측)를 이용하였다. 자료 분석은 자료의 불규칙적인 변동에 의한 오차를 줄이기 위하여 이동평균을 이용하였으며, 그 값은 조사일과 그 이전 4일간 자료(5일)의 평균으로 하였다. 일변화 편차값(D)은 조사당일 실측치(S)와 이동평균치(M)를 이용하여 계산하였다($D=(S-M)/M$).

결과 및 고찰

성페로몬 성분 및 트랩종류

성페로몬 성분의 배합 및 트랩 종류에 따른 귤굴나방의 유인력은 Fig. 1과 같았다.

귤굴나방의 발생 예찰에 성 페로몬을 이용하는 경우 7Z11Z-16:Al 한 성분으로 충분하며, 트랩 종류는 끈끈이 날개트랩을 이용하는 것이 가장 좋았다. 트랩종류에서 통트랩에 잡힌 귤굴나방의 평균 마리수는 126.9마리였으나 끈끈이날개트랩에 잡힌 것은 957.9마리로 통트랩의 약 6.5배가 더 포획되었다. 7Z11E-16:Al에 대한 7Z11Z-16:Al의 비율이 1.0과 0.5, 0.0의 성 페로몬 배합에 잡힌 귤굴나방의 평균 마리수는 각각 975.8 마리와 564.5 마리, 87.1마리로 가장 많이 포획되었던 비율은 1.0이었으며, 7Z11Z-16:Al의 비율이 낮아질수록 포획수가 적어졌다. 트랩과 성 페로몬 성분 배합에 따른 유인 비교에서 끈끈이 날개트랩에 7Z11Z-16:Al 한 성분 1.0 mg을 미끼로 사용한 것이 트랩당 평균 마리수가 1,677.8마리로 가장 높았다. 포획된 나방의 수가 가장 적었던 것은 7Z11E-16:Al 1 mg을 미끼로 한 통트랩이었다(23.0마리/트랩). 이는 Ando *et al.*(1985)의 결과와 유사한 경향이었으나 이들이 7Z11E-16:Al 성분에는 전혀 유인되지 않았다고 보고한 것과는 달리 7Z11Z-16:Al에 비해 그 밀도는 매우 낮았으나 유인은 되었다.

Sant'ana *et al.*(2003)이 일본을 제외한 다른 지역에서 7Z11Z-16:Al을 미끼로 이용했을 때 귤굴나방이 유인되지 않는 것은 지역에 따라 성 페로몬 성분 조성의 차이에 기인되는 것으로 생각되고 있다. 제주지역은 일본과 지역적으로 인접해 있어 그 성분조성에 차이가 없어 7Z11Z-16:Al을 미끼로 한 페로몬 트랩에 일본에서와 동일하게 유인이 잘 되는 것으로 판단된다. 그리고 통트랩보다 끈끈이날개트랩에 유인이 더 많았던 것은 귤굴나방의 크기와 행동특성에 따른 것으로 그에 대한 구체적인 연구가 필요하다.

귤굴나방의 유인 시간대

계절적으로 다른 시기에 하루 동안 시간대별로 페로몬 트랩에 잡힌 귤굴나방의 비율은 Fig. 2와 같았다.

귤굴나방이 7Z11Z-16:Al에 유인되는 시간대는 주로 오전 5시 전후였으며, 오전 2~6시 사이에 포획된 나방수가 전체의 93.1%를 차지하였다. 조사일별로 포획된 귤굴나방의 트랩당 평균 마리수는 7월 6일, 7월 21일, 8월 21일과 10월 26일에 각각 152.0, 25.7, 123.0, 64.7마리였다. 또한, 조사일의 일몰시간은 오후 7:47분과 7:42분, 7:30분, 5:48분이었으며, 조사익일의 일출시간은 5:31분과 5:38분, 6:00분, 6:48분이었다. 모든 조사 시기에 오전 11시부터 오후 7시까지는 전혀 잡히지 않았으며, 오후 8시부터 일부 포획되기는 하였으나 그 비율은 매우 낮았다. 오전 3~4시에 유인된 나방이 전체 유인수의 27.9% (9.0~39.0), 오전 4~5시에는 35.6% (15.0~44.2)으로 가장 많

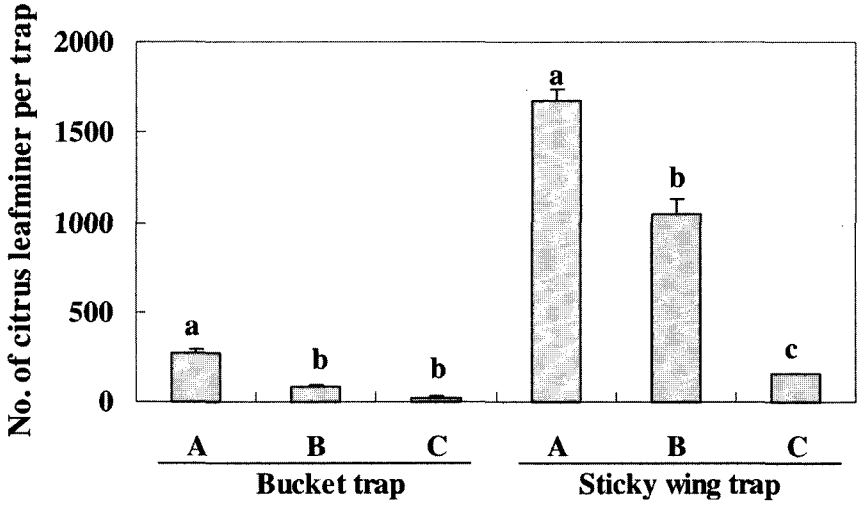

Fig. 1. Comparison of mean number per trap of citrus leafminer caught per trap at different compositions of sex pheromone components and trap types. The proportions of (Z,Z)-7,11-hexadecadienal were 1.0 for A, 0.5 for B and 0.0 for C compared with (Z,E)-7,11-hexadecadienal in total 1mg lure. Different letters above the error bars indicate a significant difference at p=0.05 by trap type and sex pheromone component.

이 유인되었다.

이는 귤굴나방의 교미가 오전 4~6시에 주로 이루어지며, 특히 오전 5시에 가장 많이 일어나는 것과 비슷한 경향을 보였다(Ujiye, 1990). 일본에서 동일한 페로몬 성분을 이용하여 조사했을 때 오전 2시부터 일출직후까지 전체 유인량의 99%를 차지하였다는 결과(Ujiye, 1990)와 같았다.

귤굴나방 암컷이 유인신호를 보내는 시간이 대부분 일출 무렵이며, 그 활성은 일몰 후 누적 시간에 따라 달라지기 때문에 일몰시간이 빨라지면 유인 시간대도 빨라진다고 하였다(Jacas and Peña, 2002). 본 시험의 결과에서도 일몰시간으로부터 8시간이 경과한 오전 4~6시에 유인된 비율이 약 92% (88~95%)이었다. 특히, 일출과 일몰시간이 다른 조사일에 비해 늦었던 10월 26일 조사(일출 : 오전 6:48분; 일몰 : 오후 5:48분)에서 일몰 8시간 후인 오전 1시부터 유인수가 증가하기 시작하여 오전 4시에 가장 많았으며, 그 이후 점차 감소하여 오전 8시 이후에는 유인된 나방이 없었다. 오전 2~5시 사이에 전체 잡힌 수의 80%를 차지하였는데, 이는 일출시간이 다른 조사일에 비해 약 1시간정도 늦었으나 일몰시간이 약 2시간 정도 빨랐기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 귤굴나방의 활동시간은 일출시간뿐만 아니라 일몰시간에 의해서도 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

귤굴나방의 트랩 포획에 영향을 미치는 기상요인

시험 수행기간 동안 귤굴나방의 활동시간대인 오전 2시부터 6시까지의 기상 및 귤굴나방 포획수의 변동은 Fig. 3과 4와 같았다.

조사기간 동안 오전 2시부터 6시까지의 평균온도는 11.6~27.9℃, 평균풍속은 0~9.6 m/sec이었으며, 비가 온 날은 13일(최대강우량 50.3 mm)이었다. 조사시기의 5일 동안 트랩에 잡힌 귤굴나방의 평균밀도는 16.7~273.5마리였다(일일 평균 최대유인수 : 541.3마리/트랩). 11월 이후 온도가 높았던 조사일에 귤굴나방이 트랩당 2마리 내외로 유인되었으나 평균온도가 13℃ 이하로 낮았던 시기에는 귤굴나방이 거의 유인되지 않았다.

성 페로몬 트랩을 이용하여 귤굴나방의 시기별 변동을 조사할 때 일일 조사 자료의 경우 그 변동 폭이 매우 컸으나, 이동평균을 이용하면 그 변동 폭을 줄이는 동시에 시기별 변동 추세를 잘 표현할 수 있었다. 조사기간 중 일일평균값과 이동평균값이 가장 높았던 시기는 각각 9월 6일(541.3마리/트랩)과 7월 5일(273.5마리/트랩)이었다. 일일평균값이 가장 높았던 9월 6일의 이동평균값은 168.1마리였는데, 이와 같이 차이가 심한 것은 조사일 이전 4일간 풍속이 초속 2.3 m 이상으로 높았으며, 그 기간동안 트랩에 포획된 귤굴나방의 누적수는 9월 6일 하루동안 트랩에 포획된 것보다 훨씬 적은 299.1마리에 불과하였

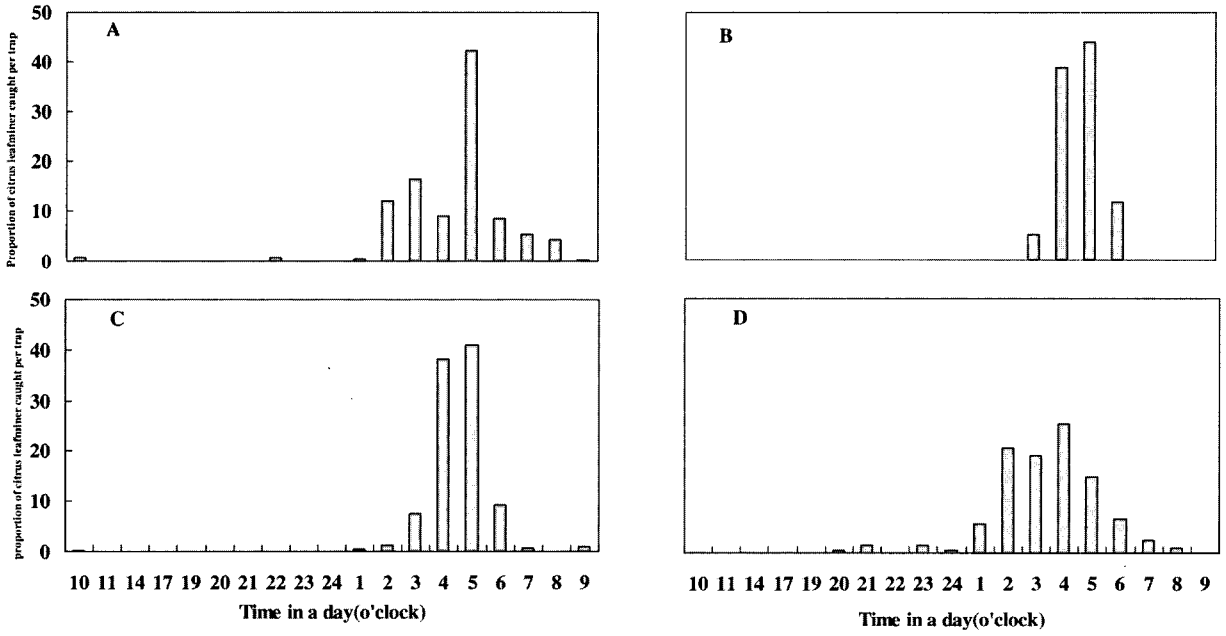

Fig. 2. Frequency distribution of citrus leafminer caught per trap at 1 hour interval in full day. Surveyed date of A, B, C and D were 6 July, 21 July, 21 August and 26 October, respectively.

다. 이는 풍속이 높아 4일간 트랩에 포획되지 않았던 나방이 9월 6일에 포획된 것으로 판단된다. 8월 26일부터 9월 18일(24일)까지 풍속이 2.0 m 이하였던 날이 5일에 불과하였다. 이 기간동안 평균풍속이 2.0 m 이상이었던 날의 트랩당 일일평균 포획수는 76.5마리(최저 12.0마리)였으며, 풍속이 2.0 m 이하이었던 시기의 일일평균 포획수는 트랩당 390.0마리로 그 차가 매우 컸다. 즉, 풍속이 높은 날이 경과하다 낮아지는 경우 일일 포획수가 급격히 증가하는 경향을 보였다. 이는 귤굴나방의 크기가 4 mm 내외로 작아 페로몬 트랩으로 유인하는 경우 바람의 영향을 크게 받고 있다고 판단된다. 반면에 일일평균값과 이동평균값이 모두 낮았던 7월 24일부터 7월 30일의 기간동안 풍속은 0.0~0.8 m/sec로 낮았음에도 불구하고 트랩당 밀도가 매우 낮았는데, 이는 귤굴나방의 발생량 자체가 적은 것으로 추정된다.

오전 2시부터 6시까지의 평균온도, 평균풍속과 강우량이 귤굴나방의 유인에 미치는 영향을 분석한 결과는 Fig. 5와 같았다.

귤굴나방의 유인에 영향을 미치는 기상요인(온도와 풍속, 강우량) 중 풍속이 가장 큰 영향을 미쳤다. 온도는 13℃이하로 낮아지면 나방의 유인수가 줄어들었으나 그 이상의 온도에서는 별다른 영향이 없었다. 귤굴나방 일일 유인수가 5일간 이동평균수 보다 높았던 날 중에서 평균풍속이 1.0 m/sec 이하이었던 날은 전체 관측수의 76.5%

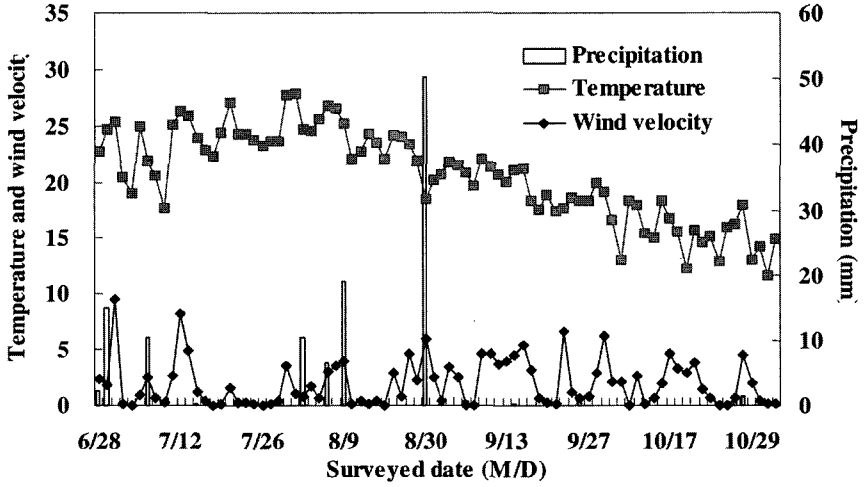

Fig. 3. Variation of average temperature (℃), velocity of wind (m/sec) and precipitation (mm) from 2:00 a.m. to 6:00 a.m. during surveyed periods(28 June to 1 November).

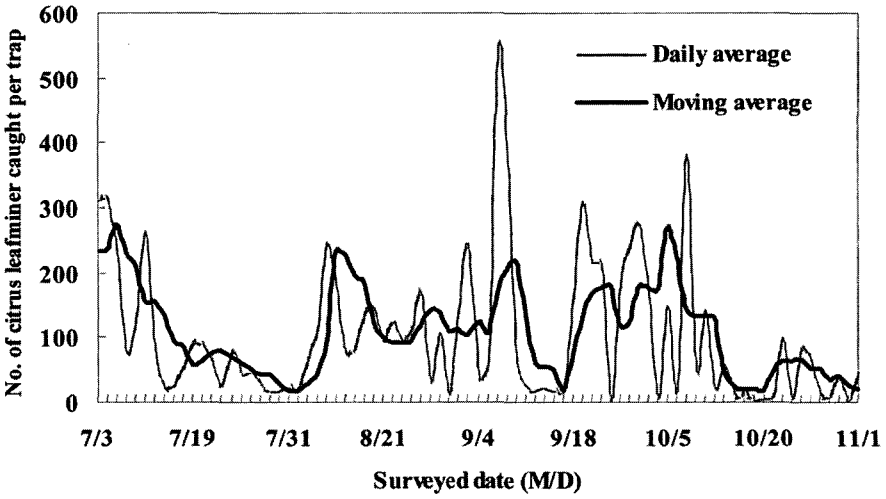

Fig. 4. Seasonal fluctuation of average number of citrus leafminer caught per trap.

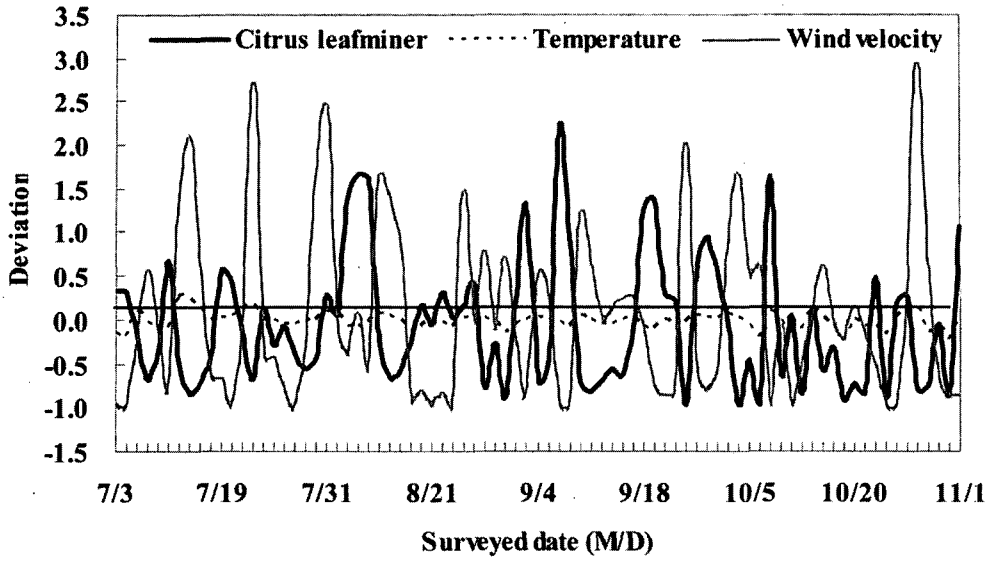

Fig. 5. Fluctuations of the number of citrus leafminer catch, wind velocity and average air temperature in a deviation parameter (*D*) between daily average values (*S*) and 5d-moving averages (*M*) (*D*=(*S*-*M*)/*M*). The weather data were collected from 2:00 a.m. to 6:00 a.m. in each day.

를 차지하였다. 또한 평균풍속이 2.0 m/sec 이상이었던 경우에는 이동평균수 보다 1일 유인수가 많았던 날이 14.7%에 불과하였고, 이동평균보다 낮았던 날 수가 63.8%로 높았다. 즉, 평균풍속이 2.0 m/sec 이상으로 되면 유인수가 급격히 낮아지는 경향을 보였으나 그 이하의 풍속에서는 트랩 유인에 큰 영향은 없었다. 이는 Ujiye (1990)가 기상요인 중 풍속의 영향이 가장 크며, 가을철 저온도 유인수가 감소하는 요인이 되지만 강우는 거의 영향이 없다는 것과 일치하였다.

이상의 결과를 종합해볼 때 성 페로몬 트랩을 이용하여 귤굴나방을 예찰하는 경우 7Z11Z-16:Al을 미끼로 하여 끈끈이날개트랩을 이용하는 것이 효율적이었다. 귤굴나방이 페로몬 트랩에 유인되는 시간대는 오전 2시부터 6시까지였으며, 이는 일출시간 뿐만 아니라 일몰시간도 관여하고 있었다. 또한, 귤굴나방의 페로몬 트랩 포획에 관여하는 기상요인은 유인시간대의 풍속이 가장 큰 영향을 미쳤으며, 온도는 13℃ 이하로 낮아지는 시기를 제외하고 별다른 영향은 없었다. 또한 성 페로몬 트랩을 이용하여 귤굴나방의 발생상황을 조사 분석하는 경우 풍속, 온도 등 기상환경 요인을 함께 이용하여야 함을 알 수 있었다. Leal *et al.* (2006)과 Moreira *et al.* (2006)에 의해 귤굴나방의 성 페로몬을 분리와 동정, 합성할 수 있게 됨에 따라 이에 대한 연구가 필요하다고 생각되지만, 제주지역에서는 7Z11Z-16:Al을 이용해도 무방한 것으로 나타났다. 또한 본 연구에서 얻어진 일주활동 및 유인에 미치는 기상요인에 관한 결과는 페로몬 트랩을 이용한 귤굴나방의 발생예찰 및 개체군 생태 연구에의 활용이 기대된다.

Literature Cited

Ando, T., K. Taguchi, M. Uchiyama, T. Ujiye and H. Kuroko. 1985. (7Z,11Z)-7,11-hexadecadienal : Sex attractant of the citrus leafminer moth, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera, Phyllocnistidae). Agric. Biol. Chem. 49: 3633-3635.

Bergamin-Filho, B. and G. Hughes. 2002. Citrus canker epidemiology-methodologies and approaches: a moderated discussion session. *In* Proc. Int. Citrus Canker Res. Workshop. Available online from the Division of Plant Industry, Dep. Agric. Consum Serv., Fort Pierce, Fla.

Garrido, A. and I. Gascón. 1995. Distribución de fases inmaduras de *Phyllocnistis citrella* Stainton según el tamaño de la hoja. Bio. San. Veg. Plagas 21: 559-571.

Gottwald, T.R., X. Sun, T. Riley, J.H. Graham, F. Ferrandino and E.L. Taylor. 2002. Geo-referenced spatiotemporal analysis of the urban citrus canker epidemic in Florida. Phytopathology 92: 361-372.

Jacas, J.A., A. Garrido, C. Margaix, J. Forner, A. Alcaide and J.A. Pina. 1997. Screening of citrus rootstocks and citrus-related species for resistance to *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae). Crop Protec. 16: 701-705.

Jacas, J.A. and J.E. Peña. 2002. Calling behavior of two different field populations of *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae): effect of age and photoperiod. Flor. Entomol. 85: 378-381.

Leal W.S., A.L. Parra-Pedrazzoli, A.A. Cossé, Y. Murata, J.M.S. Bento and E.F. Vilela. 2006. Identification, synthesis, and field evaluation of the sex pheromone from the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella*. J. Chem. Ecol. 32: 155-168.

Moreira, J.A. J.S. McElfresh and J.G. Millar. 2006. Identification, synthesis, and field testing of the sex pheromone of the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella*. J. Chem. Ecol. 32: 169-194.

Sant'ana, J., E. Corseuil, A.G.E. Correa, and E.F. Vilela. 2003. Avaliação da atração de *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) a (Z,Z) e (Z,E)-7,11-hexadecadienal, em pomares de citros do Brasil. Biociéncias 11: 177-181.

Urbaneja A., E. Llâcer, A. Garrido and J.A. Jacas. 2001. Effect of temperature on development and survival of *Cirrospilus* sp. near *lyncus* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae). Biol. Control 21: 293-299.

Ujiye, T. 1990. Studies on the utilization of a sex attractant of the citrus leafminer moth, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Phyllocnistidae). I. Analysis of seasonal population trends and some behavioral characteristics of the male moths by the use of synthetic sex attractant traps in the field. Bull. Fruit Tree Res. Stn. 18: 19-46.

(Received for publication 27 April 2006;
accepted 21 June 2006)