

최적의 야외유인을 위한 복숭아명나방 (*Dichocrocis punctiferalis*)의 성페로몬 조성

Sex Pheromone Composition for Field-trapping of *Dichocrocis punctiferalis* (Lepidoptera: Pyralidae) Males

정진교¹ · 한경식 · 최광식² · 부경생

Jin Kyo Jung¹, Kyeung Sik Han, Kwang Sik Choi² and Kyung Saeng Boo

Abstract – Sex pheromone composition was analyzed for *Dichocrocis punctiferalis*, which attacks apple, peach, chestnut fruits, etc., and its behavioral and field trapping studies were conducted to develop a monitoring system with its sex pheromone. Virgin females showed maximum mating behavior and hairpencil extrusion behavior between 4~5 hrs after lights-off under 16L/8D photoperiod and $26 \pm 1^\circ\text{C}$. During this period, two sex pheromone components, E10-hexadecenal and Z10-hexadecenal, were detected by GC analysis in the hexane extract of abdominal tips of virgin females. The best attraction of males to various synthetic sex pheromone blends was obtained at the 70 : 30 ratio of E10-hexadecenal and Z10-hexadecenal for hair pencil extrusion and at the 80 : 20 ratio for flying upwind response. The highest attractiveness in fields was obtained between 70 : 30 and 80 : 20 from several tests in apple, peach and chestnut orchards.

Key Words – *Dichocrocis punctiferalis*, Sex pheromone, Mating time, Field attraction

초 록 – 사과, 복숭아와 밤 열매 등을 가해하는 주요해충 중의 하나인 복숭아명나방 (*Dichocrocis punctiferalis*)을 성페로몬을 이용하여 발생예찰하기 위해 성페로몬 성분분석과 행동관찰, 성페로몬 조성별 야외포획실험을 수행하였다. 처녀암컷의 교미행동은 16L:8D의 광주기, $26 \pm 1^\circ\text{C}$ 온도조건에서 소등 후 4시간째에, 수컷의 가는털몽치 돌출행동은 5시간째에 최고를 나타내었다. 이 시간대의 암컷 복부 끝 헥산추출물에서는 E10-hexadecenal과 Z10-hexadecenal이 가스크로마토그래피 분석에 의해 85:15의 비율로 검출되었다. 야외에서 수컷 성충을 유인하기 위해 두 성분의 합성화합물을 이용하여 사과 및 복숭아와 밤 과수원에서 포획실험이 수행되었는데 E10-hexadecenal과 Z10-hexadecenal이 70:30~80:20의 비율에서 가장 많이 포획되었고, 이와 유사한 조성에서 수컷의 가는털몽치 돌출반응과 상승비행반응이 관찰되었다.

검색어 – 복숭아명나방, 성페로몬, 교미시간, 야외유인

복숭아명나방 (*Dichocrocis punctiferalis*) (Lepidoptera: Pyralidae)은 사과와 복숭아 및 밤 열매를 가해하는 해충으로 과실 생산에 직접적인 손실을 준다. 그간 이 해충의 밀도 및 발생시기 파악을 위해 유아 등이 일

부 이용되기도 하였으나 설치가 번거롭고 가격이 비싸 넓은 지역에서 이용하지 못해 예찰자료를 거의 얻지 못하여 과수원에서 유기합성살충제 살포시기와 양을 조절하기 어려운 형편이었다. 따라서 대체 예찰수

서울대학교 곤충생리학실 (Lab. Insect Physiology, Seoul Natl. Univ. Suwon 441-744, Korea)

¹ 농업과학기술원 잠사곤충부 (Dept. of Sericulture & Entomology, NIAST, RDA, Suwon 441-100, Korea)

² 임업연구원 남부시험장 (Nambu Forest Experiment Station, Korea Forestry Research Institute, Jinju 660-300, Korea)

단으로 간편하게 설치할 수 있는 성페로몬트랩을 이용하는 것이 고려되어 왔다. 곤충의 성페로몬은 종 특이적으로 특정 해충만을 대상으로 작용하고 미량으로 충분하며, 환경오염의 부작용이 없는 장점 등으로 해충의 발생예찰에 널리 이용되어 왔으며 교미교란이나 대량포획 등 직접방제에도 이용될 수 있다 (Jutsum and Gordon, 1989).

복숭아명나방의 성페로몬은 일본 개체군에 있어 E10-hexadecenal이 주성분으로서 밝혀졌고, 야외실험을 통해 이 화합물의 기하이성질체가 미량성분으로서 존재할 것으로 생각되었는데 (Konno *et al.*, 1982), 국내 개체군들도 같은 화합물들을 성페로몬으로 이용할 가능성이 높다. 그러나 옥수수의 주요해충인 조명나방 (*Ostrinia furnacalis*) 한국개체군의 성페로몬 조성이 일본이나 중국 개체군들의 구성과 다르고 (Boo and Park, 1997), 사과열매를 가해하는 사과굴나방 (*Phyllo-norycter ringoniella*)에서 일본 개체군과 국내 개체군의 성페로몬 조성이 매우 다른 것 (Jung and Boo, 1997) 처럼 지역간 변이가 보고되는 경우들이 있어, 성페로몬을 제대로 이용하기 위해서는 국내의 연구가 선행되어야 한다. 따라서 여기서는 그 기초연구로서 복숭아명나방의 교미행동을 관찰하고 성페로몬 물질을 추출하여 GC분석과 측각전기전도도 조사를 실시하였고 확인된 합성성페로몬을 이용한 야외포획실험으로 적절한 성페로몬 조성을 검정하였다.

재료 및 방법

실험곤충

수원의 복숭아원 혹은 진주 밤밭에서 피해받은 열매를 가져와 곤충사육실 (16L/8D, $26 \pm 1^\circ\text{C}$)에 옮기고 열매로부터 탈출한 노숙유충은 골판지로 싸인 상자안으로 옮겨 골판지안에서 용화하게 하거나 어린 유충은 어린 사과열매나 조명나방의 인공사료 (Park and Boo, 1993)를 변형한 인공사료 (agar, 25 g; cellulose, 45 g; corn powder, 55 g; wheat germ, 70 g; yeast 55 g; fructose, 5 g; ascorbic acid, 5.6 g; *p*-methylhydroxybenzoate, 1.8 g; malic acid, 2 g; vatamine mixture, 3 g; corn oil, 2.3 ml; water, 1 l)로 용화될 때까지 사육하였다. 번데기 시기에 암수 성을 구분하여 분리한 후에 우화한 성충은 암수 각각 사육상자 (30×30×20 cm)로 옮겨주고 실험에 사용할 때까지 10% 설탕용액을 공급하였다.

교미행동 관찰

우화 후 2~3일 지난 암수성충들을 약 10마리씩 소등 10시간 전에 아크릴상자 (30×30×20 cm)에 넣고 적색등 아래에서 관찰하였는데 소등 후 한시간 간격으로 교미하는 암수 쌍의 수와 암기간 동안 가는털몽

치 (hair pencil)를 들출시키는 수컷 수를 셈하였다. 이 실험은 16L : 8D의 광주기, $26 \pm 1^\circ\text{C}$ 온도조건에서 수행하였다.

성페로몬추출 및 성분확인

우화 후 2~3일된 처녀암컷성충의 복부 끝을 소등 후 3~5시간 사이에 잘라 10 μl 헥산에 한시간 동안 담그어 성페로몬성분들을 추출하였다. 추출물은 가스 크로마토그래피에서 분석하고 (Shimadzu GC14A, HP 6890; 컬럼: Rt X225 capillary column (60 m×0.25 mm I.D), 온도 설정: 80°C 2분, $80\sim 120^\circ\text{C}$, $5^\circ\text{C}/\text{분}$, $120\sim 150^\circ\text{C}$, $10^\circ\text{C}/\text{분}$, $150\sim 190^\circ\text{C}$, $20^\circ\text{C}/\text{분}$ 상승; 운반기체: He, 흐름속도: 20 cm/초, 주입기온도: 200°C , 검출기온도: 200°C), 이는 표준 화합물인 E10-hexadecenal (E10-16 : A1), Z10-hexadecenal (Z10-16 : A1) (Chemtech, The Netherlands)과 머무름시간 (retention time)을 비교하거나 동시 주입하여 동정하였다.

측각전도 (electroantennogram) 측정

우화 후 2일된 미교미 수컷성충을 CO_2 로 마취시킨 후 측각을 절단하여 두 은 (Ag) 전극 사이에 전기전도 겔을 이용하여 연결한 후 EAG장치 (Syntech, The Netherlands)를 이용하여 각 성페로몬 성분 (100 ng)에 대한 측각전도를 측정하였다.

야외 유인력검정 및 실내 행동반응

두 합성 성페로몬 성분인 E10-16:A1과 Z10-16:A1의 총량을 0.5~2 mg으로 하여 여러 가지 조성으로 고무격막에 흡수시킨 성페로몬 미끼를 끈끈이트랩 (Pherocon 1C trap, Trece Co.)에 매달아 수원과 경북 군위의 복숭아원과 사과원 및 경남 진주의 밤밭에서 지상 약 1.2~1.5 m 되는 높이의 가지에 매달았다. 트랩들은 나무들 사이에 약 10~25 m 간격으로 설치하고 약 2~6일 간격으로 포획된 수컷 성충 수를 셈하고 조사시에는 이미 포획된 성충은 제거하였다. 한편 일부 실험에서는 각 조성의 미끼에 항산화제인 butylated hydroxytoluene과 Vitamin-E를 섞어 이들의 유인력을 조사하였다.

사육할 때와 같은 실내조건에서 두 화합물을 역시 고무격막에 흡수시킨 후 복숭아순나방의 성페로몬 연구에서 사용한 장치 (Boo *et al.*, 1996) 안에서 페로몬기류를 정화된 공기에 실어 수컷을 자극하고 가는털몽치 들출반응과 상승비행반응 (flying upwind response)을 관찰하였다. 즉, 우화 후 2~5일된 8마리의 수컷 미교미 성충을 소등 10시간 전에 장치 안에 방사하고 소등 후 시간별로 위 두가지 반응을 보이는 개체 수를 셈하였다.

결과 및 고찰

교미시간대

복숭아명나방 수컷은 암기 시작 후 4시간 쯤에 가늘털뿔치 돌출률을 최고로 보였으며, 암수의 교미율은 5시간째에 가장 높았는데 (Fig. 1), 이는 일본에서 실내 사육된 (15L/9D 광조건, 23°C) 개체들이 소등 후 6시간 쯤에 교미율이 가장 높았던 보고 (Konno *et al.*, 1980) 와 비슷하였다.

성페로몬 성분의 확인 및 촉각반응

교미시간대에 성페로몬 합성 혹은 분비량이 최고로

될 것으로 추측되어 이 시간대에 암컷의 복부 끝을 추출하여 가스크로마토그래피로 분석하여 본 결과, Konno *et al.* (1982)가 보고한 E10-16:AI이 주성분으로 검출되었는데 그의 이성질체인 Z10-16:AI와 이중결합이 없는 hexadecanal (16:AI)도 검출되었고 (Fig. 2), E10-16:AI와 Z10-16:AI의 비율은 약 85:15이었다.

복부 끝 추출물 분석에서 검출된 각 성분에 대한 수컷 촉각반응은 E10-16:AI과 Z10-16:AI에서 현저히 높아, 이 두 성분이 수컷 유인에 관여할 가능성이 높았다 (Fig. 3). 그러나 16:AI은 공기나 용매인 헥산에 비해 유의성 있는 반응을 일으키지 않았으므로 이 성분의 기능에 대하여는 별도의 연구가 필요하다.

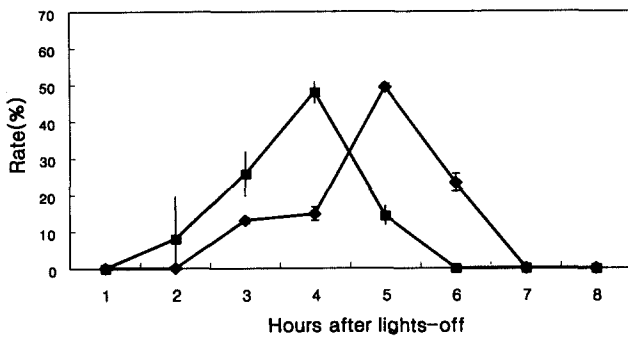


Fig. 1. Mating (■) and hair-pencil extrusion (◆) rate of *Dichrocrocis punctiferalis* during the scotophase under 16L : 8D photoperiod.

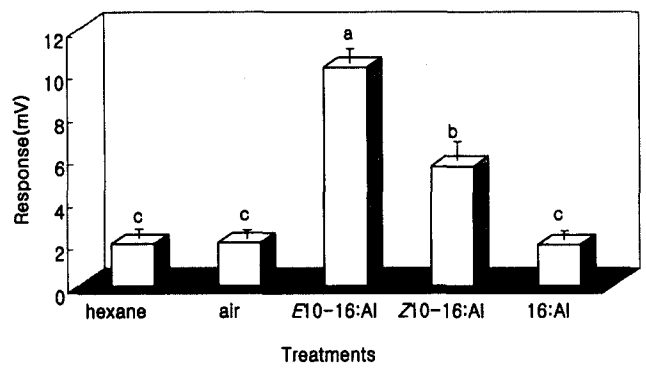


Fig. 3. EAG response of male *D. punctiferalis* (virgin) to sex pheromone components (6 replications).

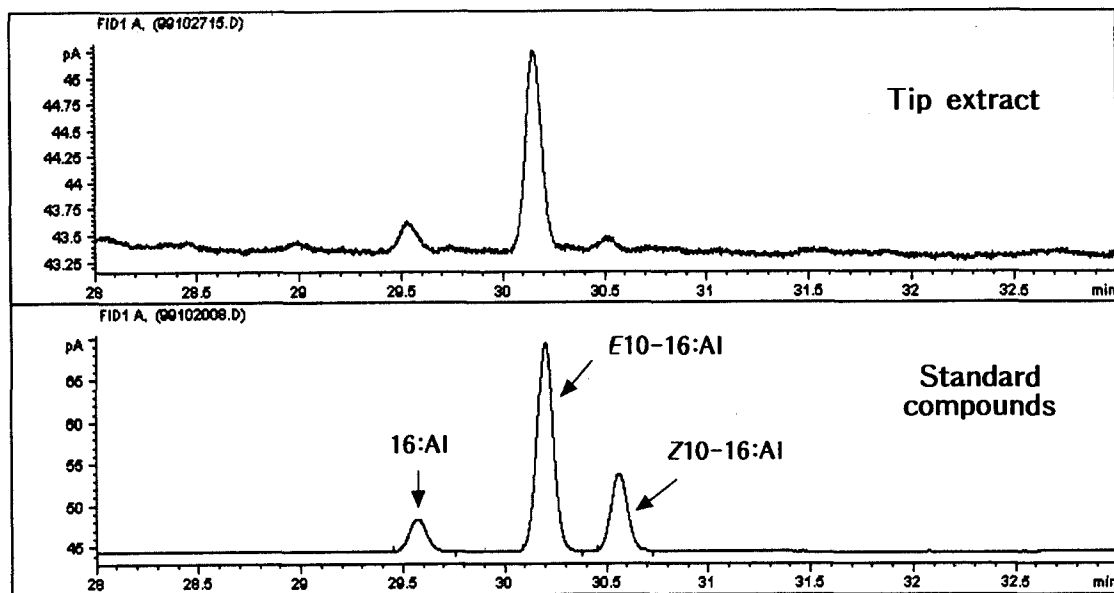


Fig. 2. Gas chromatogram of the abdominal tip extract of *D. punctiferalis* adult females. The gas chromatography was performed on a 60 m × 0.25 mm RTX225 capillary column.

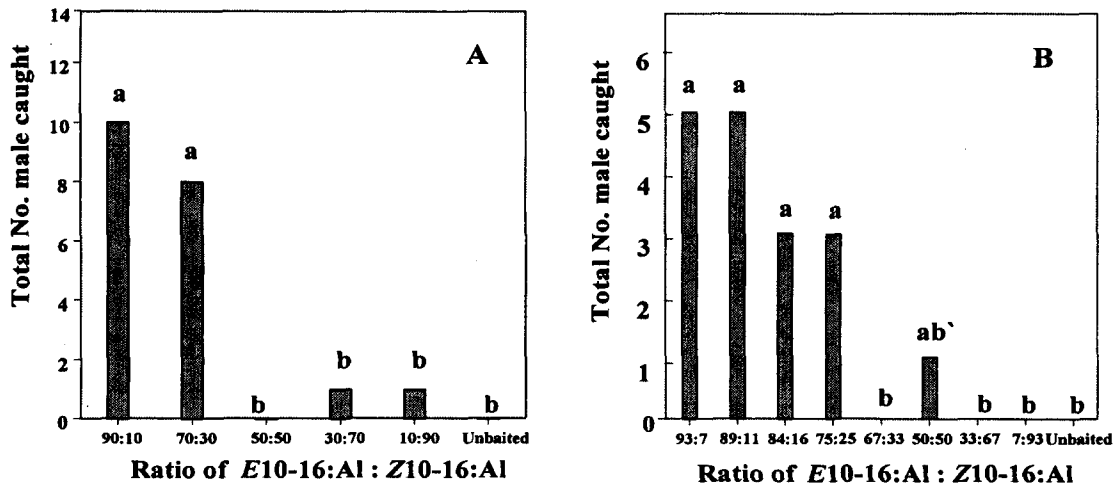


Fig. 4. Capture of *D. punctiferalis* males in wing-type sticky traps (Trece Co.) baited with different blends of E10-16 : Al and Z10-16 : Al in chestnut orchards in Jinju during July 14~Sep. 21, 1995 (A) and Sep. 13~Sep. 20, 1993 (B). Each test was replicated 2 times. Same letters on bars are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

최대 유인력을 나타내는 성페로몬 조성

먼저 두 합성 성페로몬 성분으로 이루어진 넓은 범위의 조성에 대한 야외 포획실험에서 E10-16 : Al의 비율이 50% 이상일 때에 수컷을 유인할 수 있다는 것을 알 수 있었다(Fig. 4). 이어 좁은 조성범위에서 실시한 포획실험들에서는 통계적 유의차가 두드러지게 나타나지 않음에도 불구하고 E10-16:Al과 Z10-16:Al의 비율이 70:30 혹은 80:20인 조합에서 최고의 유인율이 나타나는 경향이였다(Fig. 5, Table 1). 이는 진주의 한 밤밭에서 9월 이후 많은 수컷이 포획된 실험에서 명확하게 드러났고(Table 1C), 처리간 유의성의 차가 크게 드러나지 않았던 다른 실험들에서도 포획된 수컷 마리 수에서 유사한 경향이였다. 처리간 유의성의 차가 크게 드러나지 않는 것은 반복 내 트랩들에 잡히는 포획수가 장소에 따라 큰 변이를 보이기 때문이라고 생각되는데 이는 포획수가 적은 실험포장에서 더 두드러졌다. 그러나 이 페로몬조성에 의한 유인 경향은 실시한 과수원의 종류에 관계없이 일정하였다.

한편 실험곤충의 성페로몬 성분과 같이 aldehyde 작용기를 갖고 있는 페로몬 성분들은 햇빛과 고온에 노출될 때 쉽게 산화될 가능성이 있어 야외에서 성페로몬 미끼를 이용할 때에는 성분들을 좀더 오래 보존하기 위해서 종종 항산화제가 첨가된다(Shaver, 1983). 따라서 복숭아명나방 성페로몬에 항산화제들인 vitamin E나 butylated hydroxy toluene (BHT)을 섞은 미끼를 사용한 포획실험에서는 역시 BHT를 섞은 70:30의 미끼에서 가장 큰 유인력을 발휘하였다(Fig. 6).

야외의 포획실험에서 얻어진 최적 조성에 대한 결

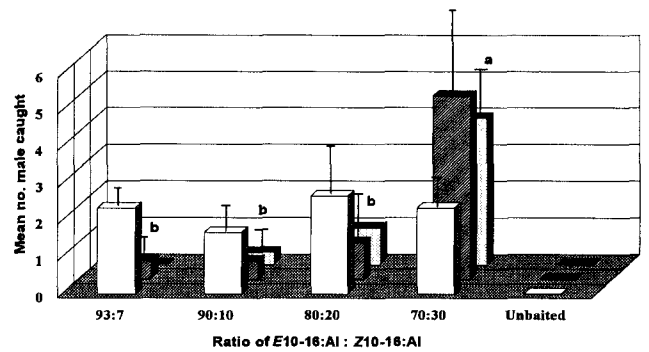


Fig. 5. Mean number of *D. punctiferalis* males caught in sticky traps baited with different blends of E10-16:Al and Z10-16:Al in apple and peach orchards in 1994. (□ Apple orchard (Jun. 1~Jul. 29, Daegu, 3 replications); ▨ Peach orchard (Aug. 2~Aug. 24, Namyang, 2 replications); ▩ Peach orchard (Aug. 2~Aug. 24, Suwon, 3 replications)). Same letters on bars are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

과를 뒷받침하기 위해 실내에서 E10-16:Al과 Z10-16:Al의 여러 조성에 대한 수컷 반응을 보았을 때, 가는 털몽치 돌출반응이 70:30에서, 상승비행반응은 80:20에서 최고를 나타내었다(Fig. 7).

실내 수컷반응실험과 여러 번의 야외실험 결과들에서 실험시기와 지역 및 처리량에 따라 약간의 변이를 보였지만 최대 유인력을 나타내는 조성은 70:30에서 80:20 사이라고 결론지을 수 있다. 이 조성비는 일본 개체군에서 유인에 필요한 두 성분의 최적 조성비가

Table 1. Total number of *Dichocrocis punctiferalis* males caught by sex pheromone traps baited with various blends of synthetic E10-16 : A1 and Z10-16 : A1 (in 1995)

E10-16 : A1 : Z10-16 : A1	A	B	C	D	E
50 : 50	2	1 a**	21 ab	—	—
55 : 45	—*	—	—	4	0 b
60 : 40	4	5 a	12 ab	8	1 b
65 : 35	—	—	—	4	0 b
70 : 30	8	0 a	68 a	6	2 b
75 : 25	—	—	—	11	0 b
80 : 20	9	7 a	64 a	8	0 b
85 : 15	—	—	—	7	8 a
90 : 10	7	6 a	8 ab	—	—
control	0	0 a	0 b	0	0 b

A. Suwon peach orchard, Aug.16~Sep.19 (2 mg of sex pheromone loaded per lure)

B. Jinju chestnut orchard, Jul. 14~Sep. 21 (0.5 mg of sex pheromone loaded per lure)

C. Jinju chestnut orchard, Sep. 14~Oct. 6 (2 mg of sex pheromone loaded per lure)

D. Suwon peach orchard, Aug.16~Sep.14 (2 mg of sex pheromone loaded per lure) Lure was exchanged with new lures 2 times during monitoring

E. Jinju chestnut orchard, Jul. 14~Sep. 21 (0.5 mg of sex pheromone loaded per lure) Lure was exchanged with new lures 2 times during monitoring

Each test was replicated 4 times.

*Not treated

**In each experiment, same letters beside the numbers are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$). In A and D experiments, statistical analyses were not conducted.

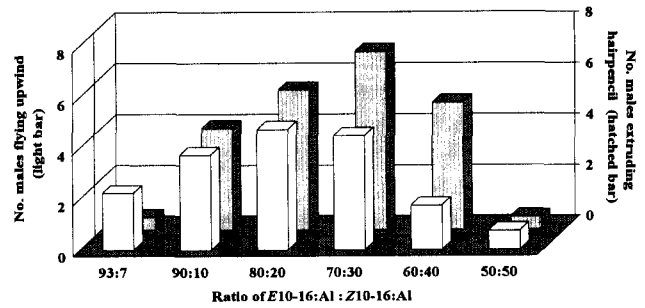


Fig. 7. Flying upwind (□) and hairpencil extrusion (▨) response of *D. punctiferalis* males to the different sex pheromone component ratios.

90 : 10 (Konno *et al.*, 1982), 중국에서 보고된 70 : 30~90 : 10 혹은 100 : 8의 비율 (Liu *et al.*, 1990; Liu *et al.*, 1994)과는 크게 다르지 않다. 한편 16 : A1이 미량성분으로서 유인작용에 관여한다고 중국에서 보고되었으나 (Liu *et al.*, 1994) 본 실험에서 이 성분에 대해 임시로 검정한 결과로서는 포획수가 전체적으로 너무 적어 그 역할에 대해 단정할 수 없었다 (미발표 자료). 현재 조사된 유인조성은 앞으로 복숭아 및 사과와 밤 등의 과수원에서 복숭아명나방의 발생예찰에 직접 적용할 수 있다고 여겨지고 현재 임시적으로 전국의 밤밭에서 실험곤충의 예찰에 이용되고 있다. 그러나, 여러 번의 야외실험에서 얻어진 포획 수 자체가 그다지 많지 않아 앞으로 과수원내 복숭아명나방 유충밀도 및 성충의 비행행동, 페로몬 성분의 안정성과 다른 미량성분의 존재 등에 자세한 지식의 축적이 요구된다.

사 사

이 연구는 농림수산특정과제 연구비 지원과 한국과 학재단 박사 후 연수과정 연구비 지원으로 수행되었다.

인 용 문 헌

- Boo, K.S. and J.W. Park. 1998. Sex pheromone composition of the asian corn borer moth, *Ostrinia furnacalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae) in South Korea. *J. Asia-Pacific Entomol.* 1: 77~84.
- Boo, K.S., J.K. Jung and K.S. Han. 1996. Field-trapping of three lepidopteran fruit pests with sex pheromone traps in Korea apple and peach orchards. *Proc. Int. Symp. Insect Pest Control with pheromones.* pp. 87~101.
- Jung, C.H. and K.S. Boo. 1997. Sexual behavior and sex pheromone gland of the apple leafminer, *Phyllonorycter ringoniella* (Lepidoptera: Gracillariidae). *Korean J. Appl.*

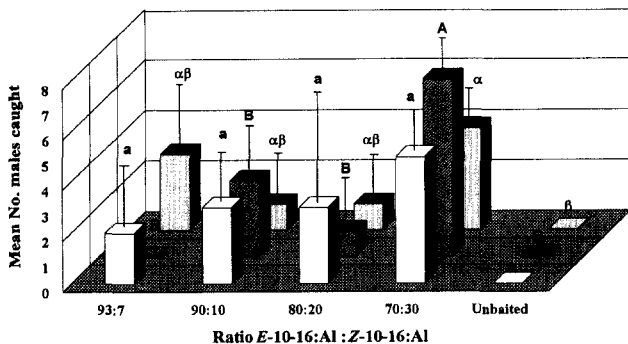


Fig. 6. Mean number of *D. punctiferalis* males caught in sticky traps baited with different blends of E10-16 : A1 and Z10-16 : A1 and with or without an antioxidant, butylated hydroxy toluene or vitamin E, in a chestnut orchard in 1994 (□: Control, ▨: Butylated hydroxy toluene added, ▤: Vitamin E added). Each test was replicated 3 times. Same letters on bars are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

- Entomol. 36: 323~330.
- Jutsum, A.R. and R.F.S. Gordon. 1989. Introduction. Pheromone: Importance to insects and role in pest management. in *Insect pheromones in plant protection*, eds. by A.R. Jutsum and R.F.S. Gordon. pp. 1~13.
- Konno, Y., H. Honda and Y. Matsumoto. 1980. Observations on the mating behavior and bioassay for the sex pheromone of the yellow peach moth, *Dichocrocis punctiferalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae). *Appl. Ent. Zool.* 15: 321~327.
- Konno, Y., K. Arai, K. Sekiguchi and Y. Matsumoto. 1982. (*E*)-10-Hexadecenal, a sex pheromone component of the yellow peach moth, *Dichocrocis punctiferalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae). *Appl. Ent. Zool.* 17: 207~217.
- Liu, M., X. Meng, Z. Yan and R. Su. 1990. Field trials of the sex pheromone of yellow peach moth, *Dichocrocis punctiferalis* Guenée. *Sinozoologia.* 7: 1~5.
- Liu, M., Y. Tian and Y. Li. 1994. Identification of minor components of the sex pheromone of yellow peach moth, *Dichocrocis punctiferalis* Guenée, and field trials. *Entomologia Sinica* 1: 150~155.
- Park, J.W. and K.S. Boo. 1993. An artificial diet and the rearing method for the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 32: 395~406.
- Shaver, T.N. 1983. Environmental fate of (*Z*)-11-hexadecenal and (*Z*)-9-tetradecenal, components of a sex pheromone of the tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Environ. Entomol.* 12: 1802~1804.

(2000년 3월 8일 접수, 2000년 7월 3일 수리)