

사과굴나방 (*Phyllonorycter ringoniella*)의
생식행동과 성페로몬샘 구조Sexual Behavior and Sex Pheromone Gland of the Apple Leafminer,
Phyllonorycter ringoniella (Lepidoptera: Gracillariidae)정창훈 · 부경생
C. H. JUNG and K. S. BOO

ABSTRACT The apple leafminer, *Phyllonorycter ringoniella* (Lepidoptera: Gracillariidae), is the most important pest on apple leaves and is not easy to be controlled with insecticides because of leafmining habit of its larvae. This study was undertaken to develop an artificial diet for mass rearing of the moth, and to look at their reproductive behavior. For developing an artificial diet the problem of diet contamination with microorganisms and how to supply artificial diet to first instar larvae have to be solved first. Artificial oviposition trial was successful with shadowy bottomside of various papers sprayed with apple leaf extracts. The highest activity of both calling and mating was observed within 30 min. after the onset of photophase and 3- to 4-day-old adults showed the highest mating rate. A ring-shaped sex pheromone gland was found at the intersegmental membrane between the 8th and 9th abdominal segments of the female. (*E, Z*)-4,10-tetradecadienyl acetate was identified as the major component from the femal gland extracts by the gas chromatography (GC) and GC-mass spectrometry. Additionally it was thought that (*Z*)-10-tetradecenyl acetate could be the second component of their sex pheromone.

KEY WORDS apple leafminer, *Phyllonorycter ringoniella*, artificial diet, Oviposition attractant, mating rhythm, sex pheromone gland, sex pheromone, (*E, Z*)-4,10-tetradecadienyl acetate

초 록 우리나라 사과나무 잎의 주요해충인 사과굴나방(*Phyllonorycter ringoniella*)의 발생예찰을 위한 성페로몬조성을 이해하기 위하여 그들의 인공사료 개발가능성, 생식행동, 성페로몬샘의 구조 및 성페로몬성분을 분석하였다. 사과굴나방 유충을 위한 인공사료를 다각도로 검토하였지만 거의 돌아다닐 수 없는 1령유충에 인공사료를 어떻게 잘 공급할 수 있는나 하는 문제와 미생물의 오염을 극복하는 문제가 중요한 과제로 나타났다. 사과굴나방 암컷들의 산란에는 사과잎 추출물이 유인효과가 좋았으며, 산란기질로 사용하는 종이의 재질에 따른 차이는 별로 없었다. 성충들의 유인 행동과 교미는 불이 켜진지 30분 이내에 가장 왕성하였으며, 우화 후 3~4일 된 성충들의 교미율이 가장 높았다. 성페로몬샘은 성충 암컷 복부의 8번째와 9번째 마디 사이에 고리 모양을 이루고 있었으며, 가스 크로마토그래피와 GC-mass spectrometry를 이용해 암컷 복부 추출물을 분석해 본 결과 (*E, Z*)-4,10-tetradecadienyl acetate가 성페로몬의 주성분으로 나타났다. 그 외에 (*Z*)-10-tetradecenyl acetate로 예상되는 물질이 탐지되었으나, 정확하게 확인할 수는 없었다.

검색어 사과굴나방, *Phyllonorycter ringoniella*, 인공사료, 산란유인제, 교미리듬, 성페로몬샘, 성페로몬 성분, (*E, Z*)-4,10-tetradecadienyl acetate

사과나무 잎을 가해하는 대표적 해충인 사과굴나방(*Phyllonorycter ringoniella*) (Lepidoptera: Gracillariidae)은 주로 한국, 일본, 중국에 분포하는 잠엽성 해충으로서 2차 세계대전 이후 주요 해충으로 등장한 종으로 생각되고 있다(Oku, 1993). 우리나라에서는 1930년부터 보고되었지만 주요 해충은 아니었는데, 최근 각지에서 발생이 증가되고 있으며, 접박이웅에 다음으로 방제가 어려운 해충으로 지적되고 있다(이 등, 1985a, b). 사과굴나방은 일년에 4~5회 발생하면서 유충과 용 기간을 모두 사과잎 내부에서 생활하는 습성 때문에 약제 방제가 상당히 어려운 것으로 알려져 있다. 그래서, 알이나 성충 시기에 방제하는 것이 효과적으로 여겨지며, 이를 위해서는 사과굴나방에 대한 정확한 발생예찰이 필요하다.

최근 널리 사용되고 있는 발생예찰 방법은 곤충의 성페로몬을 이용하는 기술로서, 환경오염이 없으며, 천적을 죽이지 않고 대상 해충만 포획하며, 등록 기간이 짧은 장점들이 있지만, 반드시 대상 곤충의 성페로몬에 대한 연구가 선행되어야 한다는 조건이 있다(부, 1991). 따라서 사과굴나방의 성페로몬을 이용한 발생예찰법 개발의 기초 연구로서 본 연구를 수행하였다. 우선 유충에 대한 인공사료 개발 가능성, 성충들의 산란 선호성과 생식행동을 검토하였으며 나아가서 성충 암컷에서 성페로몬샘의 구조와 성페로몬 성분의 분석 등을 시도하였다. 이 곤충 성페로몬의 조성분과 실내 및 야외에서의 유인효과 시험결과는 따로 보고할 예정이다.

재료 및 방법

실험곤충

수원의 원예연구소와 농촌진흥청 과수원 및 서울대 농생대 과수원의 사과나무에서 사과굴나방 유충과 용을 채집하였다. 유충들은 바로 인공사료 실험에 사용하였고, 용은 사육실에서 우화시켜서 교미 실험과 성페로몬 분석 등에 사용하였다. 사육실의 조건은 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 50~80%, 광주기는 16L/8D로 하였다.

인공사료 개발

사과잎을 가해하는 나비목의 애모부늬잎말이나방(*Adoxophyes orana*)과 노랑쇠기나방(*Monema flavescence*)의 인공 사료를 모태로 해서 여러가지 사료를

만들어 사과굴나방 유충들을 접종해 보았다. 그들 중 일부의 성분과 조성은 표 1과 같다. 사육실의 온도는 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 50~70%, 광주기는 16L/8D로 하였다. 실험에 사용한 플라스틱 용기(직경 9cm, 높이 2.5cm)들은 70% 에탄올로 소독 후 사용했다.

산란 선호성

같은 날에 우화한 암수 각 10마리씩과 산란장소로 사용될 종이를 함께 사육상자 안에 넣은 후 3일 후에 종이를 꺼내어 알 수를 조사하였다. 성충들의 먹이로 10% 설탕물을 함께 넣어 주었다. 산란 장소로는 사과잎, 사과잎 추출액을 적신 키친 타월, 휴지, 초록색 한지, 마분지 및 무처리 키친 타월, 휴지, 초록색 한지, 마분지 등을 사용하였다. 사과잎 추출액을 만들기 위해 먼저 서울대학교 과수원에서 깨끗한 사과잎 3kg을 채취하여 완전히 건조시킨 후 1l 삼각플라스틱에 넣고 메탄올 800ml를 부어 잘 흔든 후에 실온 암실 하에 3일간 방치한 후 여과한 다음 회전진공농축기(EYELA autojack NAJ-160, Japan)로 용액이 200ml가 될 때까지 농축하였다. 실험 조건은 온도 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 50~70%, 광주기 16L/8D 이었다.

유인과 교미 행동

우화한 성충들을 날짜별로 모은 후, 같은 날 우화한 성충들을 불이 꺼지기 1시간 전에 암수 10~20쌍을 한 사육상자(30×30×30cm)에 넣고 유인행동과 교미행동을 30분 간격으로 관찰했으며, 일단 1마리 이상의 암컷이 복부를 등쪽으로 구부리는 유인행동을 보이면 그때부터 집중적으로 관찰했다. 불이 꺼지기 2시간 전에 적색등(10W)을 켜 놓은 후 불이 꺼지기 1시간 전부터 불이 켜진 후 3시간까지, 약 12시간 동안 관찰했다. 사육실 내에서 관찰이 이루어졌으며, 사육실의 조건은 온도 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 50~70%, 광주기 16L/8D로 유지했다.

우화 후 일수에 따른 교미율

우화한 날짜에 따라 암수컷을 구분해서 격리시켜 두었다가 불이 꺼지기 1시간 전에 같은 날 우화한 암수컷 10~20쌍을 한 사육상자 안에 넣고 관찰했다. 불이 꺼지기 2시간 전에 적색등(10W)을 켜 놓은 후 불이 꺼지기 1시간 전부터 불이 켜진 후 3시간까지, 약 12시간 동안 30분 간격으로 관찰했으며,

일단 1쌍 이상이 교미를 하면 그때부터 집중적으로 관찰했다. 실험 조건은 온도 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 50~70%, 광주기 16L/8D로 유지했다.

성페로몬섭의 구조와 위치

우화 후 3일째 되는 암컷의 복부 끝을 3마디 정도 잘라 1차 고정액(2.5% paraformaldehyde, 2.5% glutaraldehyde, 0.1M phosphate buffer pH 7.2, 0.1 M sucrose)으로 고정시킨 후 인산완충용액(0.1 M phosphate buffer pH 7.2, 0.1 M sucrose)으로 1차 고정액을 씻어냈다. 그리고나서 2차 고정액(1% OsO_4 , 0.1 M phosphate buffer pH 7.2, 0.1 M sucrose)으로 2차 고정시킨 후 인산완충용액으로 다시 씻어냈다. 이렇게 고정된 시료를 50%에서 100%까지 순차적으로 농도를 높인 아세톤으로 탈수시킨 후 Epon액에 매몰시켰다. 이것을 $1\mu\text{m}$ 의 두께로, 가로 및 세로로 자른 후 1%의 toluidine blue로 염색해서 광학현미경으로 관찰했다. 주사전자현미경으로 암컷의 복부 끝을 관찰할 때에는 특별한 고정 및 기타 단계들을 거치지 않고 바로 stub 위에서 암컷의 복부를 눌러 복부 끝을 돌출시켜 테이프로 고정시킨 후 건조하여 금으로 코팅한 다음 관찰하였다.

성페로몬 성분

불이 켜진 후 10분에서 1시간 사이에 우화 3~4일 된 암컷 성충 10마리의 복부 끝 3마디를 잘라서 *n*-hexane $10\mu\text{l}$ 에 1시간 동안 넣어 성페로몬을 추출했다. 이것을 CBP20 칼럼(50 m \times 0.25 mm)을 장착한 가스크로마토그래피(Shimadzu GC-14A)에 주입하고, flame ionization detector를 사용하여 각 분획의 머무름 시간(retention time)을 조사하였다. 이때 주입구의 온도는 200°C , 검출기의 온도는 180°C 로 하였으며, 칼럼의 온도는 180°C 로 일정하게 하였다. 운반기체(carrier gas)는 헬륨을 사용하였으며, 흐름속도(flow rate)는 $2.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 로 하였다.

한편, (E, Z)-4, 10-tetradecadienyl acetate (E4, Z10-14:Ac)는 GC-MS (Hewlett-Packard JHX-AX505 WA)를 이용하여 확인했는데, 암컷으로부터 추출한 것과 표준물질의 70eV electron impact mass spectrum을 서로 비교했다. 칼럼은 FFAP를 사용했으며, 운반기체로 헬륨을 사용했고, 흐름속도는 2ml/분으로 했다. 이때 주입구와 ion source 온도는 200°C , scanning speed는 1초로 했으며, 칼럼의 온도는 초기 온도를

100°C 로 한 후 여기서 1분간 머무른 후에 분당 10°C 의 속도로 180°C 까지 올렸다. 여기서 다시 10분을 머무른 후 분당 5°C 의 속도로 200°C 까지 올린 후 여기서 5분간 지속시켰다.

결과 및 고찰

인공사료

사과잎을 가해하는 해충 중 애모무늬잎말이나방과 노랑췌기나방의 인공사료를 모체로 해서 인공사료를 만들었는데, 실험 진행 도중 애모무늬잎말이나방 보다 노랑췌기나방의 인공사료가 더 효과적이라고 판단되어 주로 노랑췌기나방의 인공사료를 변형시켰다. 조성이 다른 모두 33가지의 인공사료를 만들어 사과굴나방 유충들을 집중해 본 결과 가장 많은 수의 유충이 생존한 것은 12번 사료였다(표 1). 사과굴나방 유충들은 크기가 작고 운동성이 거의 없는 반면 잎 내부에서 연한 부분만을 가해하기 때문에 사료의 습도와 경도가 유충들의 생존에 크게 영향끼쳤다. 인공사료의 습도와 경도는 주로 agar와 cellulose에 따라서 좌우되는데, 실험 결과 표 1의 5번 사료(agar 9g : cellulose 7g)가 가장 적당한 것으로 나타났다.

그러나, 이상의 결과는 상당히 미흡한 것으로서 인공사료의 미생물 오염 때문에 인공사료가 사과굴나방 유충의 생육에 미치는 영향을 제대로 평가할 시간적 여유가 부족했다. 가장 빈번하게 행해지는 곤충 인공사료의 살균법으로 고온-화학 살균법을 들 수 있는데, 이것은 배지를 76°C 에서 5분간 가열하여 기존의 미생물들의 수를 줄인 다음, sorbate와 같은 화합물을 처리하여 화학적으로 미생물들의 발육을 억제시키는 방법이다(Sikorowski 등, 1985). 이때 투여되는 항미생물 화합물의 양은 사육 곤충에 끼치는 영향이 최소가 되는 수준에서 결정되어야 하는데, 사과굴나방 유충은 소량의 항미생물 화합물에도 크게 영향받았다. 그 결과 유충에 영향이 없을 정도의 항미생물 화합물을 처리한 후 인공사료가 건전하게 유지되는 기간은 길어야 4~5일밖에 되지 않았다. 따라서 사과굴나방 인공사료는 제조 뿐만 아니라 그 이후의 급여기간 동안 계속적으로 위생수준을 높여서 미생물의 오염을 최소화시켜야 올바른 영양 평가를 할 수 있다고 생각되었다.

Table 1. Composition of artificial diets tried for rearing *Phyllonorycter ringoniella* larvae

components / #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
agar (g)	10	11.4	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
casein (g)	31	14	14	14	14	14	14	14	14	14	28	14	14	14	14	14	14
wesson's salt mixture (g)	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
glucose (g)		9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9		9.9	9.9	9.9
wheat germ (g)		28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5
yeast (g)	29																
cellulose (g)	13	7	14	10	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
ascorbic acid (g)		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
choline chloride (g)	0.25	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
cholesterol (g)	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
vitamin mixture (g)		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
apple leaf powder(g)	5	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4
sorbic acid (g)					0.9	0.9		0.9		0.9						0.12	0.12
MPH (g)					1		1	1									0.12
fructose (g)														9.9			
distilled water (ml)	400	412	412	412	412	412	412	412	412	412	412	412	412	412	412	412	412
4M KOH (ml)		2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35		2.35	2.35	2.35	2.35
formalin (ml)		1	1	1	2.4	2.4	2.4	1	2.4			3	3	3	3	2.4	2.4
linolenic acid (ml)																	

Table 1. continued

components / #	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
agar (g)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
casein (g)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	21	14	14	14	14	14
wesson's salt mixture (g)	5	5	5	5	5	5	3	5	5	8	5	5	8	8	8	5
glucose (g)	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	13	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9
wheat germ (g)	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.5
yeast (g)																
cellulose powder (g)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
ascorbic acid (g)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	4	4	2.5	4	2.5
choline chloride (g)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
cholesterol (g)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
vitamin mixture (g)	5	5	5	5	5	5	5	8	5	5	5	8	5	8	8	5
apple leaf powder (g)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
sorbic acid (g)	0.5	0.5			0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
MPH (g)		0.5	0.5		0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
fructose (g)																
distilled water (ml)	412	412	412	412	412	412	412	412	412	412	412	412	412	412	412	412
4M KOH (ml)	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35	2.35
formalin (ml)	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
linolenic acid (ml)					1.25											2.5

MPH : Methyl *p*-hydroxybenzoate, KOH : potassium hydroxide.

산란 선호성

사과잎의 경우 직사광이 비치는 윗면에는 산란된 알이 전혀 발견되지 않는 대신에 아래 쪽에는 많은 수가 산란되었다. 그러나 종이 등 인공매질의 색깔이나 재질 차이에 따른 산란수는 거의 차이가 없었다. 반면에 사과잎 추출물의 유무에 따라서는 매우 큰 차이를 보였다. 즉 매질에 관계없이 사과잎추출물이 처리되면 사과잎 아랫면에 산란된 경우와 거의 비슷한 반응을 보여 사과잎에는 사과굴나방의 산란자극물질이 있을 가능성이 매우 높다고 여겨진다.

산란에 직접적으로 연관되어 있는 문제가 1령 유충에 대한 먹이 공급이다. 야외에서 사과굴나방의 부화 유충들은 사과잎 표면에서 부화한 후 바로 밑으로 파고 들어가 사과잎을 먹으면서 살아간다. 그러나, 종이에 산란시 부화 후 유충들에 대한 먹이 공급이 어려웠다. 사과굴나방 1령충들은 무각유충으로서 다리가 없기 때문에 운동성이 거의 없다. 따라서 산란지를 벗어나지 못해서 유충들이 그대로 죽으리라 예상했는데, 실제 사과잎 추출액을 처리한 키친타월에서 알 껍질 속에 부화한 1령충이 그대로 죽어있는 것이 관찰되었다. 1령충에 대한 먹이 공급 문제는 인공 사육시 해결되어야 할 필수 과제라 생각된다.

유인, 교미 행동 및 시간대

사과굴나방 암컷은 수컷을 유인할 때 복부를 등쪽으로 구부리면서 최대로 팽창시키는 나방들의 전형적인 모습을 보여주었으며, 한번 유인 자세를 형성하면 약 1시간 정도 그 자세를 그대로 계속 유지했다. 이런 유인행동은 종마다 차이가 있는데 예를 들면 *Hydraecia micacea*는 짧은 시간 동안 유인행동을 보인 후 그만두었다가 잠시 후에 본격적으로 길게 유인행동을 나타낸다(West 등, 1984).

사과굴나방 수컷들이 암컷에 유인되면서 교미가 이루어지게 되는데, 교미 시간은 대략 1시간에서 1시간 20분 사이였다. 사과굴나방은 불이 켜진 후 30분 이내에 전체의 80% 이상이 유인행동을 보였으며, 60% 이상이 교미를 시작했는데(표 2), 야외에서 이들의 교미가 주로 새벽에 이루어진다는 보고(Ujiye, 1972)와 일치했다. 일반적으로 나방은 암컷의 유인행동 및 성페로몬 생산의 양상이 일치하기 때문에(Babilis 등, 1992) 사과굴나방 역시 불이 켜진

Table 2. Calling and mating rates (%) of female *P. ringoniella* during the photophase under 16L/8D, 26±1°C

Time (hr) after lights-on	Calling ^a	Mating ^a
0~0.5	84.7±6.1	64.5±21.6
0.5~1.0	3.7±6.4	8.3±7.7
1.0~1.5	0	3.3±6.2
1.5~2.0	0	0

^aMean ± SE

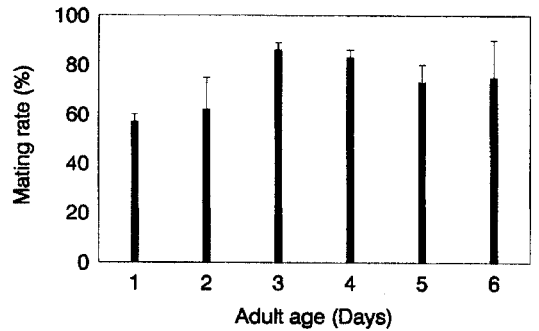


Fig. 1. Mating rates of *P. ringoniella* adults of different ages (16L/8D, 26±1°C). Equal numbers of males and females under the same ages were introduced. 3 replicates.

후 30분까지 성페로몬 생산이 가장 활발할 것이라 추측되었다. 이상의 결과에서 사육실 내의 조건들이 사과굴나방의 교미 리듬에 별다른 변화를 일으키지 않았음을 알 수 있었다.

우화 후 날짜에 따른 교미율

우화 후 3일과 4일 된 개체들의 교미율이 가장 높았으며, 우화 후 6일까지도 교미율은 급격하게 감소하지 않았다(그림 1). 그러나, 우화 후 7일째부터는 사망하는 개체수가 급격히 늘어남으로서 정확한 결과를 얻기가 힘들었다. 이 결과로 보아 사과굴나방은 사망하기 직전까지 활발히 교미한다는 것을 알 수 있었다.

성페로몬샘의 위치와 구조

사과굴나방 복부 제8 및 9마디 사이에 비대해진 세포층이 관찰되었다(그림 2). 이것은 고리 모양을 이루고 있었는데, 이런 형태는 나비목 곤충에서 일반적으로 나타나는 형태로서 'ring gland'라 불린다

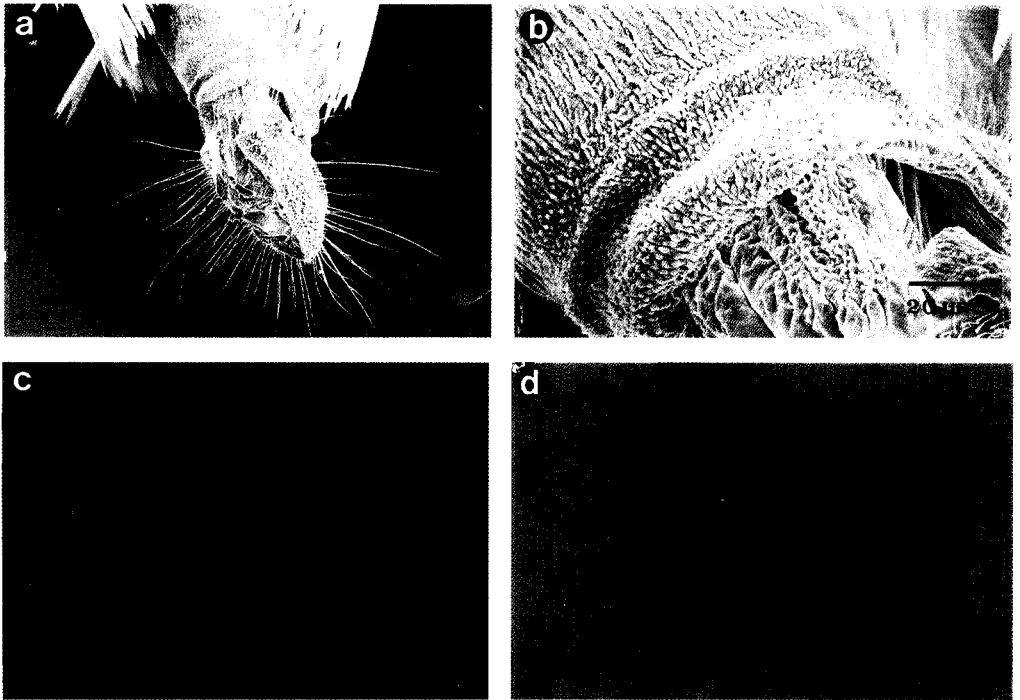


Fig. 2. Scanning electron microscope picture (a) of the abdominal tip from female *P. ringoniella* and its enlargement of the basal part (b). Light microscope pictures from longitudinal (c) and cross (d) section of the abdominal tip in female *P. ringoniella*.

(Percy-Cunningham 등, 1987). 암컷 복부 끝을 돌출시킨 외부 모습과 종단면도를 종합해 본 결과 정상시 성페로몬샘을 안쪽으로 접고 있다가 유인행동을 보일 때면 복부 끝을 돌출시켜 성페로몬샘을 노출시킨다는 것을 알 수 있었다. 사과굴나방의 경우 분비세포들이 표피층과 직접 접촉되어 있는 것으로 판단되었으며, 성페로몬샘을 덮고 있는 부분의 큐티클층이 다른 부위보다 얇고, 복부 끝을 주사전자현미경으로 확대한 사진에서 도관의 입구와 같은 구조를 관찰할 수 없었다. 따라서 분비세포에서 페로몬이 합성된 후 곧바로 큐티클층을 확산하여 방출된다고 생각되었다.

성페로몬 성분의 분석

우화 후 3~4일 된 사과굴나방 성충 암컷의 복부 끝 3마디를 *n*-hexane으로 추출하여 가스크로마토그래피로 분석한 결과(그림 3) 앞쪽 두 피크의 성분은 머무름 시간으로 봐서 (*Z*)-10-tetradecenyl acetate (Z10-14:Ac)와 *E*4,Z10-14:Ac로 판단되었는데, 이 중 Z10-14:Ac는 너무 미량이었기 때문에 GC-MS

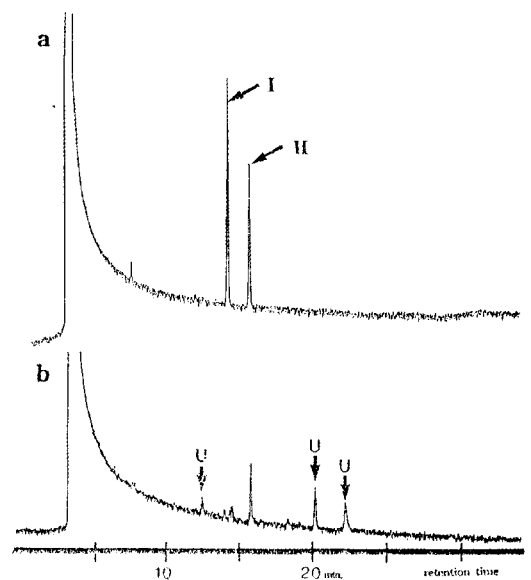


Fig. 3. Gas chromatograms of the standard mixture of Z10-14:Ac(I) and *E*4, Z10-14:Ac(II) (a) and abdominal tip extract of *P. ringoniella* female (b). U : unknown compounds.

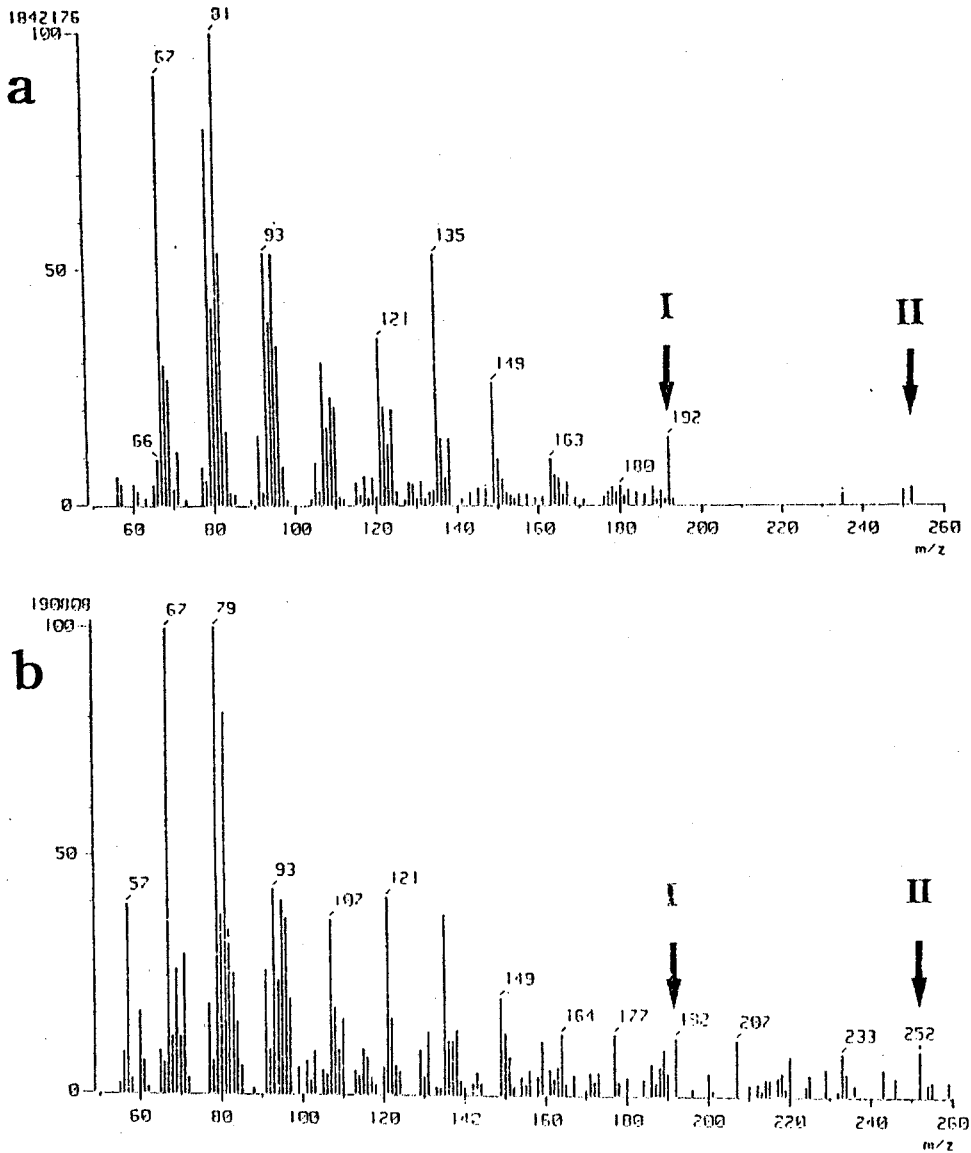


Fig. 4. Mass spectra of the synthetic E4, Z10-14:Ac(a) and the major component in the abdominal tip extract of *P. ringoniella* female(b). I: molecular ion (m/e 252), II: [M-CH₃COOH]⁺ (m/e 192).

를 이용한 확인은 불가능하였다. E4, Z10-14:Ac이라고 추측되는 부분은 GC-MS로 표준물질인 E4, Z10-14:Ac의 70eV EI mass spectrum과 비교해 본 결과 이들의 분자이온 피크에 해당하는 m/e252 피크와 [M-CH₃COOH]⁺의 m/e192 피크가 두 spectra에서 공통적으로 검출되었고, 그외 기타 분자조각피크 (electron impact fragmentation) 양상들이 비슷하게 나타났다(그림 4). 따라서 이 결과를 통해 암컷 복부

추출물 중의 주 성분이 E4, Z10-14:Ac임이 확인되었다. 이상의 결과는 일본과 중국에서 보고된 연구결과와 일치했지만(Ujiye 등, 1986; Sugie 등, 1986; Su 등, 1992), 양적인 면에서는 차이가 있었다. 일본과 중국에서는 Z10-14:Ac가 E4, Z10-14:Ac보다 더 많은 반면 국내 사과굴나방에서는 E4, Z10-14:Ac가 오히려 더 많았다. 이와같이 같은 종인데도 지역별로 성페로몬 성분의 조성 비율이 다른 경우는 여러

곳에서 보고 되고 있다. 예를 들면 북미에는 유럽의 다른 두 지역에서 유입된 두 집단의 *Ostrinia nubilalis*가 같은 장소에 존재하는데, 이들은 모두 E11-14:Ac와 Z11-14:Ac의 혼합물을 성페로몬으로 사용한다. 그러나, 오랫동안의 지역적 격리로 인해 그 조성 비율이 달라져 한 집단은 E:Z=96:4를 사용하고, 나머지 한 집단은 E:Z=3:97을 사용한다(Klun 등, 1973; Kochansky 등, 1975). 이와 비슷한 경우는 미국에 있는 *Ips pini*의 동부 계통과 서부 계통 사이에서도 볼 수 있는데, 서부 계통은 (-)-ipsdienol을 주로 만들고, 거기에 반응하는데 반해 동부 계통은 두 광학이성질체가 65:35로 혼합된 것을 사용한다(Lanier 등, 1980). 성페로몬 성분으로 추정되는 피크 외에 세 개의 미지의 성분들이 또한 검출되었는데, 그것들이 성페로몬 성분들인지 전구물질 혹은 분해 산물인지는 확인할 수 없었으며 앞으로 더 추구하고 볼 예정이다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청의 특정연구비와 서울대학교 농업생명과학연구원 재정부원으로 수행되었음. 본 연구수행에 많은 도움을 주신 대구사과연구소의 이순원박사, 원예연구소의 김동순씨, 서울대학교의 정진교박사와 박홍현씨께 심심한 사의를 표하는 바입니다.

인용문헌

- 부경생. 1991. 곤충의 성페로몬. 유전공학. 34: 82-87.
- Klun, J.A., O.L. Chapman, K.C. Mattes, P.W. Wojtkowski, M. Beroza & P.E. Sonnet. 1973. Insect sex pheromone: Minor amount of opposite geometrical isomer critical to attraction. Science. 181: 661-663.
- Kochansky, J., R.T. Carde, J. Liebherr & W.L. Roelofs. 1975. Sex pheromone of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae) in New York. J. Chem. Ecol. 1: 225-231.
- Lanier, G.N., A. Classen, T. Stewart, J.J. Piston & R.M. Silverstein. 1980. *Ips pini*: The basis for interpopulational differences in pheromone biology. J. Chem. Ecol. 6: 677-687.
- 이순원, 김인수, 김정환, 이문홍, 현재선. 1985a. 사과굴나방 및 그 기생봉류의 발생소장과 가해엽위. 한식보지 24: 151-156.
- 이순원, 김석환, 임명순, 이문홍, 현재선. 1985b. 사과원 관리 및 품종에 따른 사과 굴나방의 피해와 기생율 변동. 한식보지 24: 157-162.
- Oku, T. 1993. Suppression of lepidopterous pest populations in apple orchards through mating disruption with synthetic sex pheromones. Jap. Agric. Res. Quarterly. 26: 271-276.
- Percy-Cunningham, J.E. & J.A. MacDonald. 1987. Biology and ultrastructure of sex pheromone-producing glands. In Pheromone biochemistry, eds. by G.D. Prestwich & G.J. Blomquist. pp. 27-75. Academic Press. New York.
- Sikorowski, P.P. & R.H. Goodwin. 1985. Contaminant control and disease recognition in laboratory colonies. In Handbook of insect rearing, ed. by Pritam Singh. pp. 85-105. Elsevier Science Publishing Company. Inc. New York.
- Su, R. & M. Liu. 1992. Syntheses of the sex pheromone components and analogs of the apple leafminer moth (*Phyllonorycter ringoniella*) and field trials. Sinozoologia. 9: 1-10.
- Sugie, H., Y. Tamki, K. Kawasaki, M. Wakou, T. Oku, C. Hirano & M. Horike. 1986. Sex pheromone of the apple leafminer moth, *Phyllonorycter ringoniella* (Matsumura) (Lepidoptera: Gracillariidae): Activity of geometrical isomers of tetradecadienyl acetates. Appl. Ent. Zool. 21: 578-581.
- Ujiye, T. 1972. Studies on the mating behavior of the apple leaf miner, *Lithocolletis ringoniella* Matsumura (Lepidoptera: Gracillariidae). Jap. J. Appl. Ent. Zool. 16: 175-179.
- West, R.J., P.E.A. Teal, J.E. Laing & G.M. Grant. 1984. Calling behavior of the potato stem borer, *Hydraecia micacea* Esper (Lepidoptera: Noctuidae), in the laboratory and the field. Environ. Entomol. 13: 1399-1424.

(1997년 8월 1일 접수, 1997년 10월 15일 수리)