

아메리카잎굴파리(*Liriomyza trifolii*) 촉각에 분포하는 감각기의 외부미세구조 및 형태적 특징

신현진¹ · 서미자 · 윤영남*

충남대학교 농업생명과학대학 응용생물학과, ¹(주)세실 중앙연구소

Ultrastructure of Antennal Sensilla on American leafminer, *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae)

Hyun-Jin Shin¹, Mi-Ja Seo and Young-Nam Youn*

Department of Applied Biology, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon, 305-764

¹Secil Coporation, 135, Dongsan Ri, Yeonmu Eup, Nonsan, 320-830

ABSTRACT : The antennal receptors of the adult male and female of the American leafminer, *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) was studied using the scanning electron microscopy. This antennal receptors were developed to accept the chemical or mechanical signal in the environment.

The antennae of *L. trifolii* is 317.52 μm long and composed of the scape, pedicel, funicle, arista. Antennae located between compound eye on the middle in the head. The result of SEM observation, four types of receptors were characterized and grouped into morphological classes: Trichoid, Basiconic, Coeloconic, Chetiform sensilla. Trichoid sensilla are located on the all segment. As a rule, female is more than male. This sensilla are long and slender hair with straight or slightly curved, and taper to a sharp point apically. Basiconic sensilla are observed only on the funicle. The number of basiconic sensilla in male and female are almost same in both sexes. This sensilla are long and thick hair with straight or slightly curved, and taper to a blunt point apically. Coeloconic sensilla are observed only on the funicle. This sensilla were showed a finger-like projections the peg apex. The number of basiconic sensilla in male and female are almost same in both sexes. Chetiform sensilla are located on the all segment. This sensilla are needle-like, tapering sharply. Pedicel are more than scape. The number of Chetiform sensilla in male and female are almost same in both sexes.

KEY WORDS : *Liriomyza trifolii*, Ultrastructure, SAM, Antennal sensilla

초 록 : 아메리카잎굴파리가 탐색, 기주선택, 산란 등의 생존과 관련된 행동을 할 때 주변 환경에서 오는 화학적 물리적 신호를 인식하기 위해 발달시킨 촉각을 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 관찰하였다. 아메리카잎굴파리 촉각은 머리의 중앙에 양쪽 두 개의 겹눈사이에 위치하고 있으며, 밑마디(Scape, S), 자루마디(Pedicel, P), 더듬이 가는마디(Funicle, F), 그리고 촉각 자모(Arista, A)로 이루어져 있으며, 촉각의 전체 길이는 약 317.52 μm 이다. 아메리카잎굴파리의 촉각을 SEM을 이용하여 관찰한 결과, 네 종류의 감각기 trichoid, basiconic, Coleoconic, chetiform sensilla를 확인 할 수 있었다. Trichoid sensilla는 아메리카잎굴파리의 모든 마디에서 관찰되었으며, 각 마디에서 수컷보다 암컷에서 일반적으로 더 많이 존재하였다. 이 감각기는 길고 가늘며, 직선으로 뻗어있거나, 완만한 곡선으로 있고, 끝은 뾰족하다. Basiconic sensilla는 오직 더듬이 가는마디(Funicle, F)에서만 관찰되며, 암컷과 수컷의 감각기 수는 거의 비슷하다. 이 감각기는 끝이 둥근모양으로 굽으며, 직선이거나 완곡하게 구부러져 있다. Coeloconic

*Corresponding author. E-mail: youngnam@cnu.ac.kr

sensilla 역시 오직 더듬이 가는마디(Funicle, F)에서만 관찰되며, 이 감각기는 손끝을 모아서 놓은 모양이다. 암컷과 수컷에서 감각기의 수 차이가 거의 없다. Chetiform sensilla는 밑마디(Scape, S), 그리고 자루마디(Pedicel, P)에서 관찰되며, 이 감각기는 길게 뻗어 있으며 끝이 뾰족하다. Scape보다 pedicel에 chetiform sensilla가 더 많이 존재하며, 암컷과 수컷의 차이는 거의 없다.

검색어 : 아메리카잎굴파리, 미세구조, 주사전자현미경, 촉각감각기

서 론

아메리카잎굴파리(*Liriomyza trifolii*)는 굴파리과(Agro-myzidae), *Liriomyza*속에 속하는 종으로, 우리나라를 포함하여 세계적으로 여러 농작물에 큰 피해를 주는 종으로 알려져 있다(Parrella *et al.*, 1984). 아메리카잎굴파리는 미국으로부터 퍼져 나와 전 세계의 여러 곳에 전파되었고(Saito, 1993), 기주 식물도 400여종으로 다식성이며(Parella, 1987), 야외에서보다는 대부분 시설재배 작물에서 피해가 크다. 전염원이 된 식물은 유럽과 아시아국가를 막론하고 대부분 거베라 유묘에 묻어 전파되었으며 피해가 많은 작물로는 토마토, 국화, 셀러리 등이 보고되었다(Bogs and Braasch, 1988; Wang and Lin, 1988; Ilovai *et al.*, 1989; Kozarzhevskaya & Martinez, 1990). 국내에서 잎굴파리가 농업해충으로 특히 중요하게 다루어지게 된 것은 아메리카잎굴파리의 침입이 보고된 이후지만, 그전에도 *L. chinensis*, *L. bryoniae* 등의 피해가 보고된 예가 있다. 그 후 전국적인 조사를 통해 발생지역 및 기주 등이 밝혀졌고(Hong *et al.*, 1996), Park (1996)에 의하여 기주 식물은 22종이 보고되었으며, 기주 식물 또한 많은 종이 새로이 조사되고 있으며, 현재는 시설 재배지를 중심으로 피해가 늘어나 점차 전국적으로 확산되고 있어 효과적인 방제가 시급한 실정이다.

아메리카잎굴파리 성충은 체장이 2 mm정도이고, 머리, 가슴, 다리 대부분이 황색이며 그 이외에는 광택이 있는 검은색이다. 눈 뒤에 있는 큰 노란 부분에는 두개의 강모가 나있다. 성충은 암컷이 수컷보다 약간 크고 복부말단에 잘 발달된 산란관을 가지고 있다. 이 산란관을 이용해 앞에 작은 구멍을 내어 잎의 즙액을 흡즙하거나 구멍 안에 1개씩 알을 낳는다. 알은 반투명한 젤리상으로 장타원형이며, 유충은 황색 또는 담황색의 구더기 모양이고 3령을 경과하면 3 mm정도의 노숙유충이 된다. 번데기는 2 mm 정도의 장타원형으로 갈색을 띤다. 앞에 산란된 알이 부화하면 잎의 표피 속에서 엽육을 식해하며 구불구불한 굴을 만들면서 가해하기 때문에(Parrella, 1987), 외관상 상품

의 가치를 하락시킬 뿐 아니라 엽당 한마리의 굴파리가 있으면 광합성량이 43% 줄어들고(Trumble, 1990), 셀러리에서 유충이나 성충의 섭식에 의해 광합성 능력이 감소된다는 연구보고도 있다(Trumble *et al.*, 1985). 아메리카 잎굴파리의 유충은 유묘를 정식하는 경우 처음 2~3주 동안은 대부분 자엽에 분포하지만 후에는 새로 나온 잎보다 다 자란 잎에 유충수가 많다(Chandler & Gilstrap, 1986).

굴파리과 *Liriomyza*속이 광식성이지만 분명 선호하는 기주들이 있고(Wei *et al.*, 2000), 여러 곤충들에서 기주를 탐색하고 선별할 때 후각적인 단서를 이용한다는 것이 알려져 있다(Rahal, 1996; Cribb, 1997). 또한 짝을 찾고 교미 행동을 하는 것은 성페로몬과 관계있다는 것이 여러 종들에서 언급되었다(Burk, 1980). 곤충의 후각기관인 한 쌍의 촉각은 신경을 자극하는 털 구조로, 후각 감각뿐만 아니라 미각, 물리적, 습도, 온도, 때로는 CO₂까지 감지한다. 그러므로 많은 곤충들에서 촉각의 후각은 자신 또는 자손들이 먹이를 찾는데 가장 중요할 뿐 아니라 내부 통신에도 중요하다(Schneider, 1964; McIver, 1985; Zacharuk, 1980, 1985; Keil and Steinbrech, 1984).

따라서 형태학상의 연구는 주로 해를 가하는 종의 후각적인 기관구조를 아는데 영향을 미치며, 전자현미경의 발달이 이러한 구조를 연구하는데 큰 기여를 하였다. 이러한 전자현미경의 향상은 곤충 감각기의 미소구조에 대한 이해에 더 큰 진보를 가져왔으며 동시에 실험적인 전기신경생리학 기술의 발달로 감각기능과 감각수용기들의 차이와 기능에 대한 이해에 기여하여(Chapman, 1982) 많은 곤충들의 화학수용기, 물리감각수용기, 청각과 습도/온도 수용기의 영역에 대해 미소구조와 전기신경생리학적 연구를 할 수 있었다(Steinbrecht, 1984).

곤충의 촉각에 분포하는 감각기에 대한 연구는 일부 종에서만 이루어져 있으며, 아메리카잎굴파리 성충의 더듬이 감각기의 미소구조와 전기신경생리학적 특징은 전혀 연구가 이루어지지 않았다. 후각 감각 기관들의 감각구조의 기본적 지식은 신호화합물과 기주 탐색행동을 포함

한 앞으로의 연구에 필요하다. 따라서 아메리카잎굴파리의 기주탐색과 산란 선호성을 연구하기 위한 기초자료로 감각기 형태와 분포 및 특징을 주사현미경을 이용하여 확인하고 좀 더 미세한 미소구조를 밝히고자 한다.

재료 및 방법

아메리카잎굴파리는 2001년 12월에 부여군 임천면 토마토 재배단지에서 채집하였으며, 이후에 실험실내에서 강낭콩 잎을 기주로 하여 누대사육하였다. 사육조건은 부화유충과 성충은 $25\pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 50~70%, 광주기 16:8(L:D)조건에서 사육하여 실험재료로 사용하였다. 실험에 사용할 아메리카잎굴파리는 번데기를 수거하여 한 개씩 캡슐에 넣어 성충으로 우화시켰다. 개체 우화시킨 성충을 광학현미경하에서 생식기를 기준으로 암컷과 수컷으로 구별하여 시료대(specimen stub)에 고정하였다. 고정시 접착제를 사용해도 되지만, 시료대 부착용 탄소 양면 테잎을 사용하는 것이 더 효율적이었다. 시료대에 부착 후 건조하기 위해 60°C dry oven에 10분 정도 두어 건조시켰다. 완전히 건조된 뒤 Spurr Coater CP 3030 SCD 005/Baltec을 사용하여 금으로 증착한 뒤 Philips XL 30 ESEM 주사전자현미경으로 15~25 KV에서 관찰하였다. 더듬이 위치를 구별하기 위해 아메리카잎굴파리가 고정된 상태에서 더듬이의 위치를 기초로 등쪽면(dorsal)과 그리고 옆쪽면(lateral)을 관찰하였다.

결 과

촉각의 구조

아메리카잎굴파리 촉각은 머리의 중앙 양쪽 두 개의 겹눈사이에 위치하고 있고, 밑마디(Scape, S), 자루마디(Pedicel, P), 더듬이 가는마디(Funicle, F)가 있고, 그리고 촉각 자모(Arista, A)로 이루어져 있으며, 길이는 약 $317.52 \mu\text{m}$ 이다(Fig. 1).

아메리카잎굴파리 더듬이를 마디별로 보면 밑마디(S)는 더듬이를 구성하는 마디중 머리부분과 붙어있으며, 자루마디에 의해 둘러싸여 있어 측면에서는 잘 보이지 않고 등쪽에서 관찰시 볼 수 있다(Fig. 2A). 자루마디(P)는 밑마디와 이어져 있으며, 더듬이 가는마디와 연결되어 있다(Fig. 2B). 더듬이 가는마디(F)는 등쪽에서 보면 삼각형이며(Fig. 2C), 측면에서 보면 반월모양을 하고 있다(Fig. 2B). 배쪽에서 보면 긴 타원형이다. 촉각자모(A) 마디는 긴 실모양으로(Fig. 2D), 등쪽에서 보았을 때 더듬이 가는마디의 중간부분과 연결되어져 있다.

아메리카잎굴파리 암컷과 수컷의 더듬이의 형태는 동일하며, 암수에 따른 성별차이는 관찰되지 않았지만(Fig. 3), 더듬이 표면에서의 감각기 전체수의 5%에서 LSD값이 6.41로 암, 수의 전체 감각기 수에 차이가 있음을 나타내었다(Table 1).

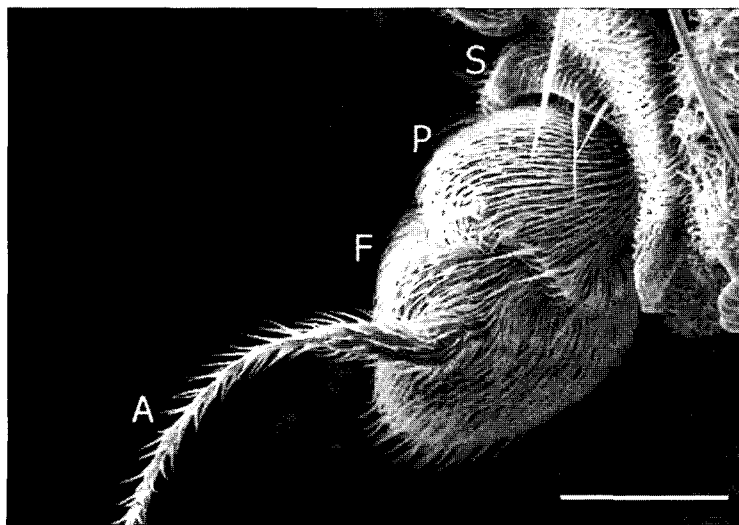


Fig. 1. Photograph with SEM shows an entire antennae, its segment, and external surface of sensory in *L. trifolii*. The antennae is composed of 4 antennomeres: pedicel (P), scape (S), funicle (F), and arista (A). Bar= $50 \mu\text{m}$.

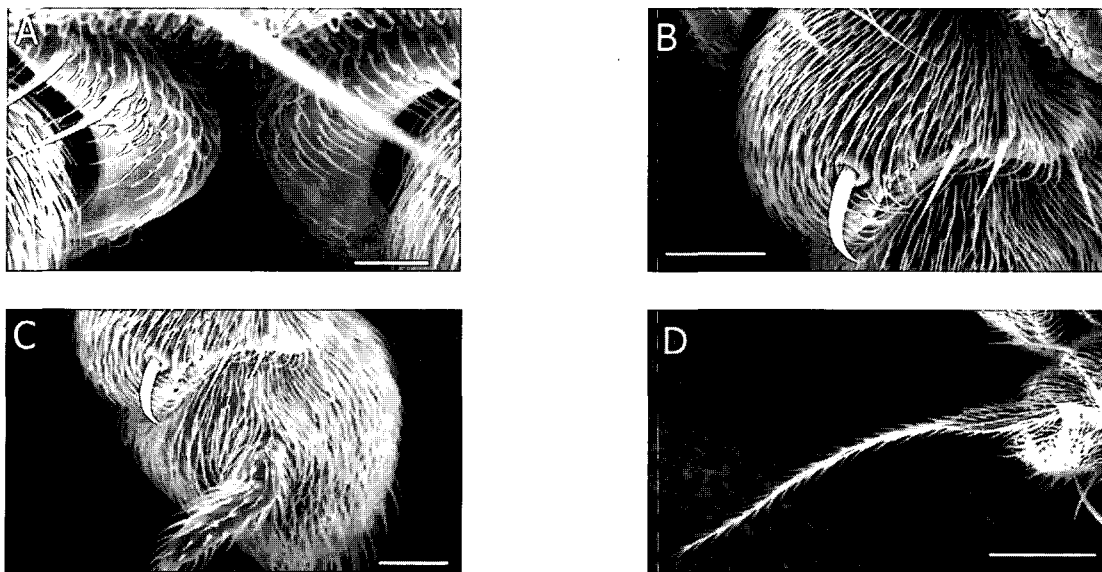


Fig. 2. Scanning electron micrographs show each segment of the antennae. A: scape. Bar=10 μm ; B: pedicel. Bar=20 μm ; C: funicle. Bar=20 μm ; D: arista. Bar=50 μm .

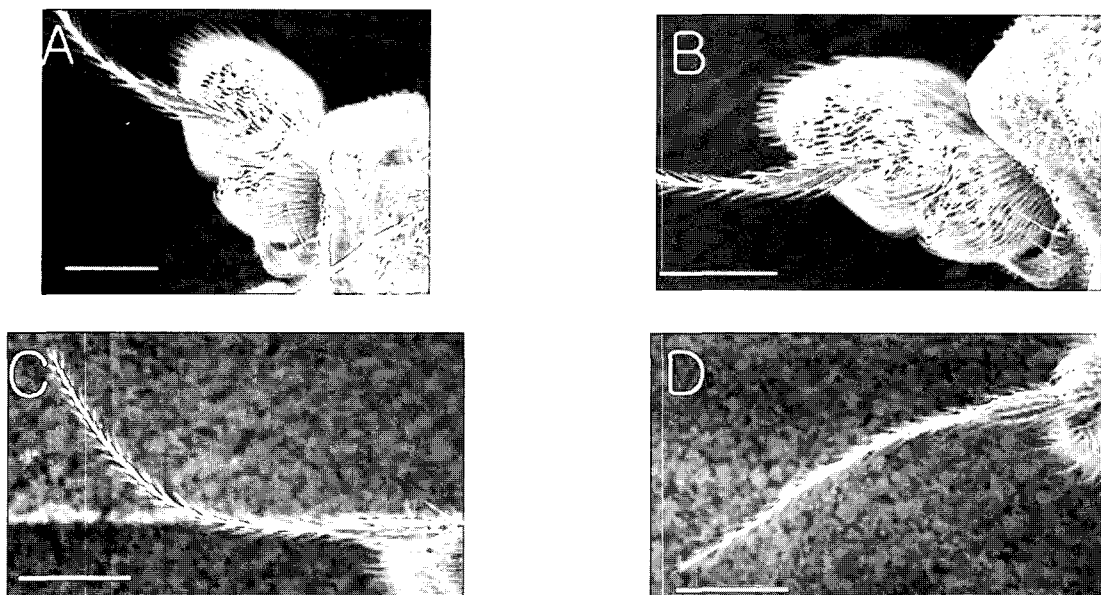


Fig. 3. Morphology of female (A and C) and male (B and D) antennae of the scape, pedicel, funicle and arista on the antennae are shown. Bar indicates 50 μm .

Table 1. The number of the sensory receptors on the each segment of the antennae. Means were calculated from 5 females and 5 males antennae with standard error (SE).

Types	Number of sensilla \pm SE	
	Female	Male
Arista	284.00 \pm 2.83	262.67 \pm 1.25
Funicle	1061.33 \pm 7.64	959.00 \pm 8.19
Pedicel	533.00 \pm 5.29	487.67 \pm 3.06
Scape	233.67 \pm 1.53	231.33 \pm 3.21
Total	2112.00 \pm 2.65 ^a	1940.67 \pm 3.06 ^b

* a, b Means within a column followed by the same letter are not significantly different (LSD; $P=0.05$).

감각기의 종류

촉각을 각 마디별 관찰하고, 각 마디에서 관찰된 감각기의 종류와 수를 전통적으로 광학현미경 아래서 보이는 외부형태에 따른 Schenken 분류법에 따라, 주사현미경에서 보이는 그들의 외부 형태에 따라 분류하였다(Schenken, 1903). 아메리카잎굴파리 촉각에서 관찰된 감각기는

trichoid sensilla, basiconic sensilla, coeloconic sensilla, chetiform sensilla 4종류이다(Fig. 4).

밑마디(Scape)에서 관찰된 감각기는 크게 2가지 종류로 trichoid sensilla (Fig. 5)와 chetiform sensilla (Fig. 6)가 있으며, 밑마디 전체 감각기는 암, 수 비교시 5% LSD값이 5.71로 유의차가 없었다. Chetiform sensilla는 등쪽에서 보았을 때는 2개로 일정하지만, 측면에서 봤을 때는, 차이

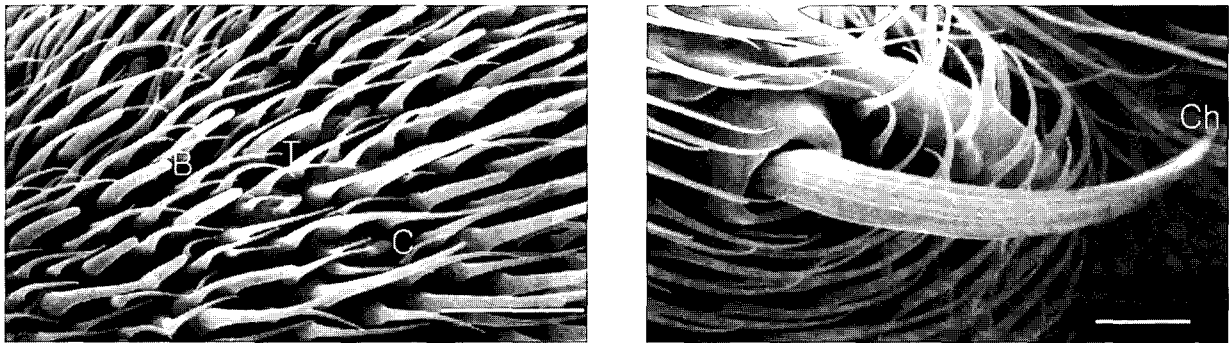


Fig. 4. SEM photographs show a kind of the sensilla on the antennae of *L. trifolii*. A: Bar=10 μ m; B: Bar=5 μ m
* T=Trichoid sensilla; B=Basiconic sensilla; C=Coeloconic sensilla; Ch=Chetiform sensilla.



Fig. 5. Detailed morphology and structure of the trichoid sensilla on the scape in antennae of *L. trifolii*. The arrows indicate trichoid sensilla. A: Bar=10 μ m; B: Bar=2 μ m.

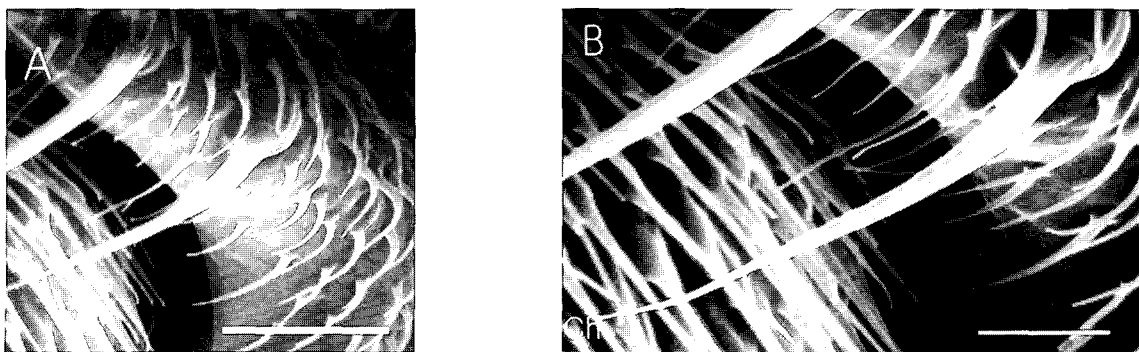


Fig. 6. Detailed morphology and structure of the chetiform sensilla on the scape in antennae of *L. trifolii*. The arrows indicate chetiform sensilla. A: Bar=10 μ m; B: Bar=2 μ m.

가 거의 없었다(Table 2). Trichoid sensilla는 등쪽에서 보았을 때 측면보다 약 60개 정도 감각기가 더 관찰되었으며, 암컷에서 감각기가 약 4~5개가 더 존재하였다(Table 2). 밑마디에서 관찰된 trichoid sensilla는 길이가 2.56~6.78 μm , 기부에서 폭은 0.44~0.81 μm 였고, chetiform sensilla 길이는 16.94~35.49 μm , 기부에서 폭은 1.48~2.12 μm 로 나타났다(Table 3). Trichoid sensilla 그리고 chetiform sensilla 모두 직선 또는 부드러운 곡선으로 밖

을 향해 뻗어있다. Trichoid sensilla가 밑마디의 98%정도 차지하고 있으며, chetiform sensilla는 극히 일부만 존재한다(Table 4).

자루마디(Pedicel)에서 관찰된 감각기는 밑마디와 마찬가지로 trichoid sensilla (Fig. 7)와 chetiform sensilla (Fig. 8)가 있다. 전체 감각기의 암, 수 비교시 5% LSD값이 9.8로 유의차가 인정된다. 등쪽에서 관찰시 측면보다 감각기 수가 약 50~70개 trichoid sensilla가 더 관찰되며,

Table 2. The mean number of the sensilla on the scape of the antennae with dorsal and lateral view in the *L. trifolii*. Means were calculated from 5 females and 5 males on the scape of the antennae with standard error (SE).

Sensilla type	Number of sensilla \pm SE			
	Female		Male	
	Dorsal view	Lateral view	Dorsal view	Lateral view
Trichoid sensilla	145.00 \pm 3.00	84.00 \pm 3.46	141.67 \pm 1.53	84.67 \pm 4.62
Basiconic sensilla	-	-	-	-
Coeloconic sensilla	-	-	-	-
Chetiform sensilla	2.00 \pm 0.00	1.80 \pm 0.45	2.00 \pm 0.00	1.67 \pm 0.58

Table 3. Lengths and basal diameters of the sensilla located on the scape surface of the antennae in *L. trifolii*

Sensilla type	Length (μm)	Basal diameter (μm)
Trichoid sensilla	2.56~6.78 μm	0.44~0.81 μm
Chetiform sensilla	16.94~35.49 μm	1.48~2.12 μm

Table 4. The percentage of the sensilla on the scape of the antennae with dorsal and lateral view in the *L. trifolii*

Sensilla type	Number of sensilla \pm SE			
	Female		Male	
	Dorsal view	Lateral view	Dorsal view	Lateral view
Trichoid sensilla	98.64 \pm 0.03	98.06 \pm 0.64	98.61 \pm 0.02	98.44 \pm 0.71
Basiconic sensilla	-	-	-	-
Coeloconic sensilla	-	-	-	-
Chetiform sensilla	1.36 \pm 0.03	1.94 \pm 0.64	1.39 \pm 0.02	1.56 \pm 0.71

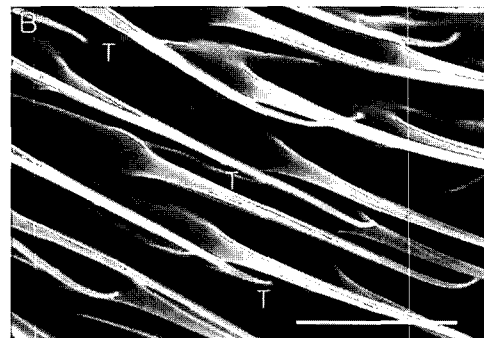
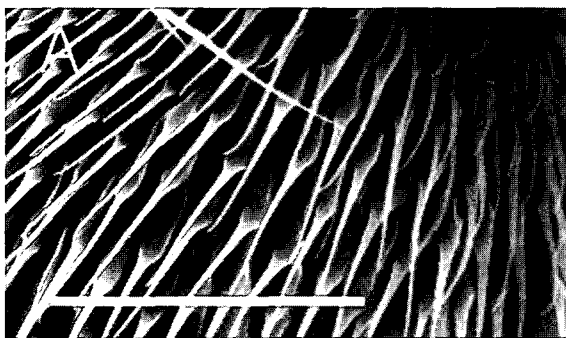


Fig. 7. Detailed morphology of the trichoid sensilla on the pedicel of the antennae in the *L. trifolii*. The arrows indicate trichoid sensilla. A: Bar=20 μm ; B: Bar=5 μm .

chetiform sensilla의 수는 암컷과 수컷에서 차이를 보이지 않는다(Table 5). 자루마디에서 trichoid sensilla의 길이는 2.47~13.49 μm , 기부에서 폭은 0.41~1.38 μm , chetiform sensilla의 길이는 11.17~48.41 μm , 기부에서 폭은 1.64~3.77 μm 이다(Table 6). Trichoid sensilla 그리고 chetiform sensilla 모두 직선 또는 부드러운 곡선으로 밖을 향해 뻗어있다. 밑마디와 마찬가지로 자루마디도 trichoid sen-

silla가 밑마디의 96~98%정도 차지하고 있으며, chetiform sensilla는 극히 일부만 존재한다(Table 7).

더듬이 가는마디(Funicle)에 있는 감각기의 종류는 3가지, trichoid (Fig. 9), coeloconic (Fig. 10), basiconic sensilla (Fig. 11)로 다른 마디에 비해 감각기 종류가 다양하였다. 더듬이 가는마디의 전체 감각기를 암, 수 비교시 5% LSD값이 17.94로 유의차가 인정된다. Trichoid sen-

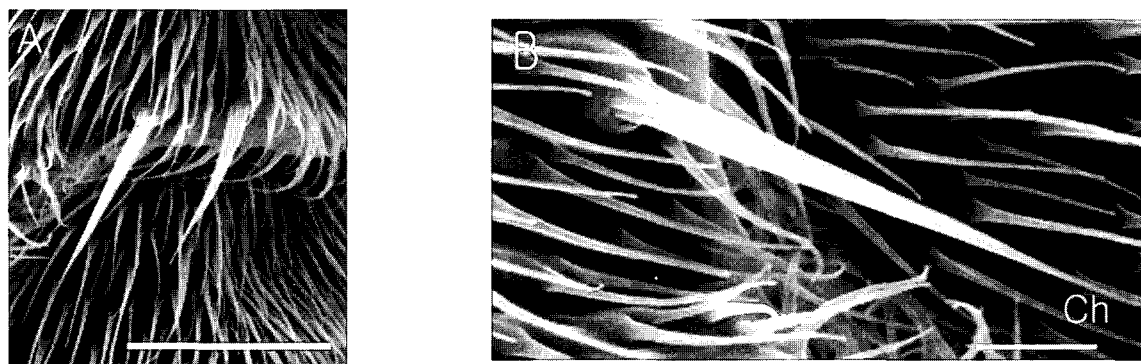


Fig. 8. Detailed morphology and structure of the chetiform sensilla on the pedicel of the antennae *L. trifolii*. The arrows indicate chetiform sensilla. A: Bar=20 μm ; B: Bar=5 μm .

Table 5. The mean number of the sensilla on the pedicel of the antennae with dorsal and lateral view in the *L. trifolii*. Means were calculated from 5 females and 5 males on the scape of the antennae with standard error (SE)

Sensilla type	Number of sensilla \pm SE			
	Female		Male	
	Dorsal view	Lateral view	Dorsal view	Lateral view
Trichoid sensilla	293.67 \pm 7.75	222.33 \pm 8.5	258.00 \pm 7.55	209.33 \pm 9.02
Basiconic sensilla	-	-	-	-
Coeloconic sensilla	-	-	-	-
Chetiform sensilla	7.23 \pm 0.97	5.04 \pm 0.55	7.88 \pm 0.67	5.33 \pm 0.58

Table 6. Lengths and basal diameters of the sensilla located on the pedicel surface of the antennae in *L. trifolii*

Sensilla type	Length (μm)	Basal diameter (μm)
Trichoid sensilla	2.47~13.49 μm	0.41~1.38 μm
Chetiform sensilla	11.17~48.41 μm	1.64~3.77 μm

Table 7. The percentage of the sensilla on the pedicel of the antennae with dorsal and lateral view in the *L. trifolii*

Sensilla type	Sensilla type percentage \pm SE (%)			
	Female		Male	
	Dorsal view	Lateral view	Dorsal view	Lateral view
Trichoid sensilla	96.66 \pm 0.36	98.76 \pm 0.80	96.77 \pm 0.12	98.23 \pm 0.17
Basiconic sensilla	-	-	-	-
Coeloconic sensilla	-	-	-	-
Chetiform sensilla	3.34 \pm 0.36	1.23 \pm 0.80	3.23 \pm 0.12	1.77 \pm 0.17

silla는 암컷에서 등쪽은 약 50개, 측면에서는 70개 정도가 더 많았고, basiconic sensilla는 암컷, 수컷 등쪽, 측면에서 비슷하게 관찰되었고, coeloconic sensilla는 등쪽보다 측면에서 5~6개가 더 관찰되었으며, 암컷과 수컷이 비슷하게 존재하였다(Table 8). 이 마디에서 trichoid, basiconic, coeloconic sensilla의 길이는 각각 3.04~19.82 μm , 4.18~19.19 μm , 1.91~3.72 μm 이고, 기부에서 폭은 각각 0.56~1.89 μm , 0.57~2.33 μm , 0.81~1.26 μm 이다(Table 9). 더듬이 가는마디에서 각 감각기의 분포정도는 trichoid sensilla

약 90~94%, coeloconic sensilla 1~2%, basiconic sensilla 4~6%였다(Table 10).

촉각자모(Arista) 마디에서 관찰된 감각기는 trichoid sensilla만 관찰되었다(Fig. 12, Table 13). 전체 감각기를 암, 수 비교시 5% LSD값이 6.07로 유의차가 인정된다. Trichoid sensilla는 암컷은 등쪽에서, 수컷은 측면에서 더 많이 관찰되었고, 암컷이 수컷보다 등쪽 관찰시 약 20개 정도 더 많았다. 이 마디에서 trichoid sensilla의 길이는 3.69~14.69 μm , 기부에서 폭은 0.58~1.59 μm 이다.

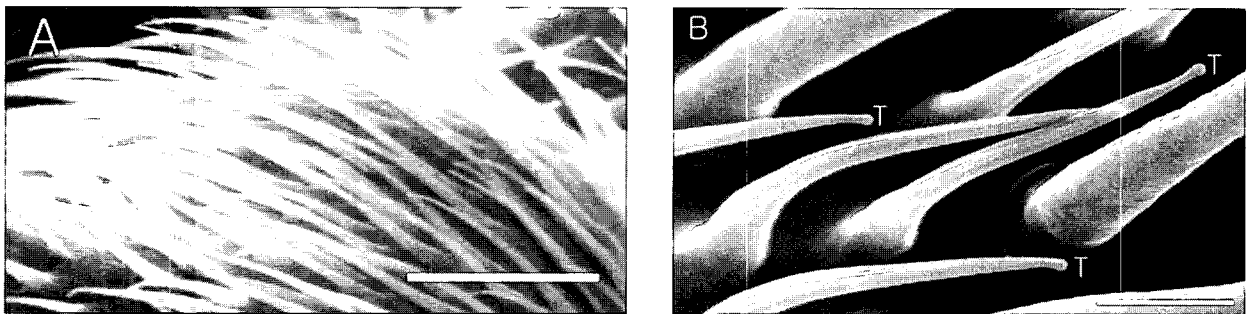


Fig. 9. Detailed morphology of the trichoid sensilla on the funicle of the antennae in *L. trifolii*. The arrows indicate trichoid sensilla. A: Bar=10 μm ; B: Bar=2 μm .

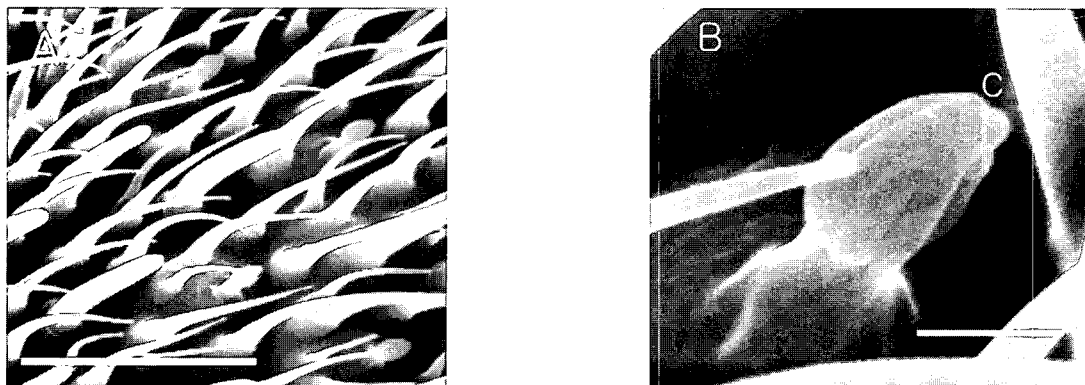


Fig. 10. Detailed morphology of the coeloconic sensilla on the funicle of the antennae in *L. trifolii*. The arrows indicate coeloconic sensilla. A: Bar=10 μm ; B: Bar=5 μm .



Fig. 11. Detailed morphology of the basiconic sensilla on the funicle of the antennae in *L. trifolii*. The arrows indicate basiconic sensilla. A: Bar=10 μm ; B: Bar=2 μm ; C: Bar=1 μm .

Table 8. The mean number of the sensilla on the funicle of the antennae with dorsal and lateral view in the *L. trifolii*. Means were calculated from 5 females and 5 males on the funicle of the antennae with standard error (SE)

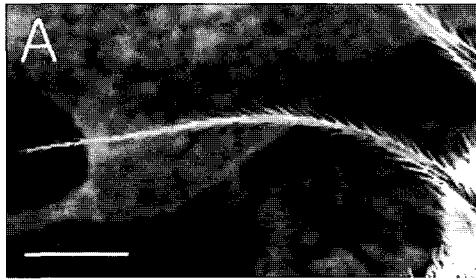
Sensilla type	Number of sensilla \pm SE			
	Female		Male	
	Dorsal view	Lateral view	Dorsal view	Lateral view
Trichoid sensilla	434.67 \pm 10.02	562.33 \pm 11.68	385.67 \pm 10.02	499.67 \pm 10.60
Basiconic sensilla	28.33 \pm 2.52	29.67 \pm 0.58	27.33 \pm 2.08	27.33 \pm 2.56
Coeloconic sensilla	6.33 \pm 1.53	11.33 \pm 0.58	7.33 \pm 0.56	11.67 \pm 1.15
Chetiform sensilla	-	-	-	-

Table 9. Lengths and basal diameters of the sensilla located on the funicle surface of the antennae in *L. trifolii*

Sensilla type	Length (μ m)	Basal diameter (μ m)
Trichoid sensilla	3.04~19.82 μ m	0.56~1.89 μ m
Basiconic sensilla	4.18~19.19 μ m	0.57~2.33 μ m
Coeloconic sensilla	1.91~3.72 μ m	0.81~1.26 μ m

Table 10. The percentage of the sensilla on the funicle of the antennae with dorsal and lateral view in the *L. trifolii*

Sensilla type	Sensilla type percentage \pm SE(%)			
	Female		Male	
	Dorsal view	Lateral view	Dorsal view	Lateral view
Trichoid sensilla	94.19 \pm 0.60	91.38 \pm 0.29	93.51 \pm 0.67	90.82 \pm 0.56
Basiconic sensilla	4.75 \pm 0.45	6.24 \pm 0.14	5.12 \pm 0.62	6.44 \pm 0.52
Coeloconic sensilla	1.06 \pm 0.27	2.38 \pm 0.16	1.37 \pm 0.13	2.74 \pm 0.20
Chetiform sensilla	-	-	-	-

**Fig. 12.** Detailed morphology of the trichoid sensilla on the arista of the antennae in *L. trifolii*. The arrows indicate trichoid sensilla. A: Bar=50 μ m; B: Bar=10 μ m.**Table 11.** The percentage of the sensilla on the arista of the antennae with dorsal and lateral view in the *L. trifolii*

Sensilla type	Sensilla type percentage \pm SE(%)			
	Female		Male	
	Dorsal view	Lateral view	Dorsal view	Lateral view
Trichoid sensilla	434.67 \pm 10.02	562.33 \pm 11.68	385.67 \pm 10.02	499.67 \pm 10.60
Basiconic sensilla	28.33 \pm 2.52	29.67 \pm 0.58	27.33 \pm 2.08	27.33 \pm 2.56
Coeloconic sensilla	6.33 \pm 1.53	11.33 \pm 0.58	7.33 \pm 0.56	11.67 \pm 1.15
Chetiform sensilla	-	-	-	-

고 찰

형태적 특징에서 확실히 보이는 차이와 함께 곤충 감각기는 매우 다양하다(Merivee *et al.*, 1997). 곤충 후각에서 가장 작은 감각을 전달하는 기관은 감각기관이고 복잡한 양극성 후각 감각 신경 보조 세포이고 표피의 한 요소라고 분명하게 명시되어 있다. 여러 양극성 화학 감각 신경들로 구성된 후각 감각기는 부속세포들, 각피하층, 신경교 요소들에 의해 둘러싸여 있다. 많은 신경들이 감각기의 형태에 의존하고 체계적인 상태이므로 많은 보조 세포들은 다소 일정하다.

일반적으로 파리목의 더듬이는 자루마디에서 더듬이가는마디 연결 기부 가까운쪽 끝에, 존스톤 기관이 있다. 이 사실은 공기 중 소리 감각에 더듬이를 이용한다는 증거이다. 더듬이는 청각통신(Bennet-Clark, 1971), 그리고 비행조절의 환경에 이용된다고 밝혀졌다(Gewcke & Schlegel, 1970). Trichoid sensilla는 끝이 매우 뾰족하며, 앞굴 파리 더듬이의 모든 마디에서 관찰되었다. 이 감각기는 비유연성 socket을 가지며 표피에서 일직선으로 생기고 미소관들과 함께 수많은 pore에 의해 구멍 뚫린 얇은 벽을 갖고 있다고 알려져 있다(Hansson, 1999). 오랜 기간 동안 이 감각기는 기계적감각기라고 이해하였으나, 1974년 Stenbrecht에 의해 나비목 trichoid sensilla가 TEM-section되어 내부 수상돌기를 보여줌에 따라 기계감각과 후각 감각을 한다고 밝혔다(Schneider *et al.* 1964). 이 trichoid sensilla는 모기에서 잘 알려져 있고 다양한 냄새에 반응하는 것을 찾았으며, 그러므로 냄새에 반응할 것이라고 추론할 수 있다. Chapman (1982)에 의하면 많은 기주 식물에서 내는 다량의 휘발성 물질을 탐지하는 곤충의 후각 시스템은 페로몬과 같은 적은 휘발성 물질을 탐지하는 것보다 더 적은 감각기를 필요로 한다고 한다. Trichoid류의 감각기는 Tineid moth에서 산란처를 찾는 역할을 하는 것으로 많이 관찰되며, 아메리카앞굴파리의 경우 한번 산란한곳에는 산란을 선호하지 않기 때문에 그러한 감각기의 이 같은 기능을 하는 것으로 보인다. 앞굴파리의 모든 마디에서 관찰된 것으로 보아 일반적인 화학물을 감지할 때 이 trichoid sensilla를 이용하는 것으로 생각되며, 더듬이 가는마디에서 가장 많이 관찰되는 것으로 보아 더듬이 가는마디에서 대부분의 화학물을 감지할것이라고 생각된다. 감각기가 직선으로 있는 것보다 부드러운 곡선으로 각 마디에 분포하는 것은 냄새분자들이 들어가는 능력에 관계가 있다고 사료된다(Cribb, 1997).

Basiconic sensilla는 더듬이 가는마디에만 관찰되며 대개 구형의 무딘 끝을 갖는다. 유동성이 없는 socket을 갖고 미소관과 함께 많은 구멍들에 의해 얇은 벽이 뚫여져 있다고 알려져 있다(Hansson, 1999). 이 감각기는 나비목의 경우에 아랫입술 수염에서 많이 존재하며, 단일 감각 세포이고, CO₂에 민감하다고 알려져 있다(Bogner *et al.*, 1986). 이 감각기는 서식처와 기주 식물 휘발물질에 이끌려 먹이를 찾는데 이용할 것이라고 여러 논문에서 추론하였다(Schneithder, 1964; Keil & Steinbrecht, 1984; Zacharuk, 1985, Fisher and Kogan, 1986.). 또한 *Dendroctonus* (Dicken and Payne, 1978)에 있는 이 감각기와 유사한 감각기인 Fluted sensilla는 일반적인 후각 감각 화학감각기로 알려져 있다. 이 basiconic sensilla는 더듬이 가는마디에서만 관찰되는 것으로 보아 특정화학물을 감지할 때 이용할 것이라고 생각된다. Coeloconic sensilla는 더듬이 가는마디(Funicle)에서만 관찰되었으며, 짧고, 벽은 속이 빈 큐티클 모양들이 피라미드 모양 울타리로 이루어져 서로의 끝은 만난다. 이 구조를 cross-section하면 공극이나 통로와 함께 이중벽이 나타난다고 알려져 있다(Hansson, 1999). 이 감각기는 온도와 습도 변화 이 두 가지에 반응한다고 밝혀졌다(Yokohari, 1981; Zarcharuk, 1985). Coeloconic sensilla는 더듬이 가는마디에만 발견되었으며, 앞굴파리가 온도, 습도 변화에 따른 반응은 이 감각기에 의한 것이라고 생각된다. Chetiform sensilla는 밀마디, 자루마디에만 존재하며, 기계적 감각기의 역할을 한다고 추론하였다(Thurm, 1964; Rice *et al.*, 1973; Frech, 1988).

앞굴파리가 trichoid sensilla, basiconic sensilla, coeloconic sensilla를 사용해 화학물이나 온도, 습도등을 감지하기 위해 더듬이 가는마디를 움직일 때, 그 움직임 정도를 처음 자루마디에서 감지하고, 그 다음 밀마디에서 자루마디의 움직임 정도를 감지하여 위치를 추정할 것이라고 사료된다. 따라서, 앞으로 이들 감각기들에 대한 전기 생리학적인 EAG 기법을 이용하여 감각기의 특성을 검토하여 감각적 반응을 규명해야 할 것으로 생각된다.

Literature Cited

- Bennet-Clark, H.C. 1971. Acoustics of insect song. *Nature* 234: 255-259.
- Bogner F., M. Boppre, K-D. Ernst & J. Boeckh. 1986. CO₂ sensitive receptive receptors on labial palps of *Rhodogastria* moths (Lepidoptera: Arctiidae): Physiology, fine structure and central projections; *J. Comp. Physiol.* 158: 741-749.
- Bogs, D & D. Brasch. 1988. Biology, monitoring and elimination

- of the Florida mining fly (*Liriomyza trifolii* Burgess), a greenhouse pest. *Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR*. 41: 236-240.
- Burk, T. 1980. Signaling and sex in acalyprate flies, Florida. *Entomol.* 64: 30-43.
- Chandler, L.D. & F.E. Gilstrap. 1986. Within-plant larva distribution of *Liriomyza trifolii* Burgess (Diptera: Agromyzidae) on Bell peppers. *Environ. Entomol.* 15: 96-99.
- Chapman, R.F. 1982. Chemoreception: the significance of receptor numbers. *Adv. Insect. Physiol.* 16: 247-365.
- Cribb, B.W. 1997. Antennal sensilla of the female biting midge: *Forcipomyia (Lasiohelea) townsvillensis (taylor)* (Diptera: Ceratopogonidae). *Int. J. Insect Morphol and Embryol.* 4: 405-425.
- Dickens, J.C. & T.L. Payne. 1978. Structure and function of the antennal club of the southern pine beetle, *Dendroctonus frontalis* (Zimmerman) (Coleoptera: Scolytidae). *Int. J. Insect Morphol and Embryol.* 7: 251-265.
- Fischer, D.C. & M. Kogan. 1986. Chemoreceptors of adult Mexican bean beetles: external morphology and role in food preference. *Entomol. Exp. Appl.* 40: 3-12.
- French, A.S. 1988. Transduction mechanisms of mechanosensilla. *Annu. Rev. Entomol.* 33: 39-58.
- Gewecke, M. & P. Schlegel, 1970. Die Schwingungen der antennen und ihre bedeutung für die flugsteuerung bei *Calliphora erythrocephala*. *Zeitschrift für vergleichende Physiologie* 67: 325-362.
- Hansson, B.S. 1999. *Insect olfaction*. (Berlin: Springer-Verlag). pp6-31.
- Hong, K.J., M.J. Han, I.S. Kim, S.B. Ahn & M.H. Lee. 1996. Damage by American serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) and its host plants. *RDA J. Agricul. Sci.* 38(1): 539-544.
- Ilovai, Z., C. Budai, Z.I. Hatala & P. Szabo. 1989. The occurrence of *Liriomyza trifolii* Burgess on gerbera in Hungary: Possibilities *Integ. Con. Novenyvedelem.* 25: 403-408.
- Keil, T.A. & R.A. Steinbrecht. 1984. Mechanosensitive and olfactory sensilla of insects. In *Insect Ultrastructure*, eds R. C. King & H. Akai, Vol. 2, pp. 477-516. Plenum, New York.
- Kozarzhevskaya, E.F. & M. Martinez. 1990. A dangerous pest of vegetables and ornamentals. *Zashchita Rastenii.* 7: 41-42.
- McIver, S.B. 1985. Mechanoreception; in *Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology* (eds) G.A. Kerkut & L.I. Gilbert (Oxford: Pergamon Press) vol 6, pp71-132.
- Merivee, E., R. Mart & L. Anne. 1997. Distribution of olfactory and some other antennal sensilla in the male click beetle *Agriotes obscurus* L. (Coleoptera: Elateridae). *Int. J. Insect Morphol and Embryol.*, Vol. 26(2): 75-83.
- Park, J.D. 1996. Host ranges and temperature effects on development of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). *Kor. J. Appl. Entomol.* 35(4): 302-308.
- Parrella, M.P. & C.B. Keil. 1984. Insect pest management: The lesson of *Liriomyza*. *Ann. Rev. Entomol.* 32: 201-224.
- Parrella, M.P. 1987. Biology of *Liriomyza*. *Ann. Rev. Entomol.* 32: 201-224.
- Rahal, Y., P. Barry, N. Hawlitzky & M. Renou. 1996. Antennal olfactory sensilla of the parasitoid fly, *Pseudoperichaeta nigrolineata* Walker (Diptera: Tachinidae). *Int. J. Insect Morphol and Embryol.* 25: 145-152.
- Saito, T. 1993. Recent occurrence and control of the serpentine leafminer. *Liriomyza trifolii* Burgess. *Plant Protection.* 47: 125-134.
- Schenken, O. 1903. Die antennalen Hautsinnesorgane einiger Lepidopteren und Hymenopteren. *Zool Jb Anat* 17: 573-618.
- Schneider, D. 1964. *Insect antennae*. *Annu. Rev. Entomol.* 9: 103-122.
- Steinbrecht, R.A. 1974. Odorant uptake and transport in insect sensilla, pp. 49-57. In T.M. Poynder, L.H. Bannister, H. Bostock & G.H. Dodd (eds.) *Transduction Mechanism in Chemoreception*, Proc. Of a symposium organised by the European Chemoreception Research Organisation, IRL, London.
- Steinbrecht, R.A. 1984. Arthropoda: Chemo, Hygro and thermo-receptors; in *Biology of the Integument*; Vol I. Invertebrates (eds) J. Bereiter-Hahn, A. G. Matoltsy & K. S. Richards (Berlin: Springer-Verlag) pp 523-533.
- Trumble, J.T. 1990. Vegetable insect control with minimal use of insecticides. *Hortscience.* 25(2): 159-163.
- Trumble, J.T., I.P. Ting, & L. Bates. 1985. Analysis of physiological growth and yield responses of celery to *Liriomyza trifolii*. *Entomol. Exp. Appl.* 38: 15-21.
- Wang, C.L. & F.C. Lin. 1988. A newly invaded insect pest *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in Taiwan. *J. Agricul. Res. China.* 37: 453-457.
- Wei, J, L. Zou, R. Kuang, & L. He. 2000. Influence of leaf tissue structure on host feeding selection by pea leafminer *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae). *Zoological Studies* 39(4): 295-300.
- Yokohari, F. 1981. The sensillum capitulum, an antennal hygro and thermo receptor sensillum of the cockroach, *Periplaneta americana* L.: *Cell Tissue Res.* 216: 525-543.
- Zacharuk, R.Y. 1980. Ultrastructure and function of insect chemosensilla. *Annu. Rev. entomol.* 25: 27-47.
- Zacharuk, R.Y. 1985. Antennae and sensilla. In *Comparative Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology*, eds G. A. Kerkut & L. I. Gilbert, Vol. 6: 1-69. Pergamon Press, Oxford.

(Received for publication 27 July 2006;
accepted 14 August 2006)