

무당벌레 (*Harmonia axyridis*) 성충 더듬이에 분포하는 감각기의 구조

박수진, 오현우¹, 윤영남, 박호용^{1*}
충남대학교 농생물학과, ¹한국생명공학연구원 곤충자원연구실

Structure of Antennal Sensilla on the Adult Asian Ladybird, *Hamonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae)

Soo Jin Park, Hyun Woo Oh¹, Young Nam Youn and Ho-Yong Park^{1*}
Department of Agricultural Biology, Chungnam National University,
220 Gung-dong, Yusong, Taejon 305-764, Korea
¹Insect Resources Laboratory, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology,
52 Oun-dong, Yusong, Taejon 305-333, Korea
(Received February 24, 2001)

ABSTRACT

The antennal sensilla of the adult male and female ladybird beetle, *Harmonia axyridis* (Coleoptera : Coccinellidae) were examined by scanning electron microscopy. Nine types of sensilla were characterized and grouped into 5 morphological classes: Böhm, basiconic, chetiform, coeloconic, and trichoid sensilla. Böhm sensilla were localized on the scape and pedicel, part of the ventral and dorsal proximal side. This placement suggests a role in proportion of antennal position and movement. Basiconic and chetiform sensilla were divided into 3 subtypes by morphology and length differences. Trichoid sensilla are confined to the last 2 flagellum segments on both sexes. Sexual dimorphism of antennal sensilla is limited to the three types of difference. The principal characteristics of this dimorphism are the following: a) The distribution of sensilla was differ from male and female in antennae. b) Males exhibit coeloconic sensilla not present in females; c) Females posses more trichoid sensilla than males. The possible role of specific difference of the sensilla in intersexual communication is discussed.

Key words : Antennal sensilla , Coccinellidae, Coleoptera, *Harmonia axyridis*, SEM

* Correspondence should be addressed to Dr. Ho-Yong Park, Insect Resources Laboratory, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology
52 Oun-dong, Yusong, Taejon 305-333, Korea. Ph.: 82-42-860-4650, FAX: 82-42-860-4659, E-mail: hypark@mail.kribb.re.kr
Copyright © 2001 Korean Society of Electron Microscopy

서 론

곤충의 더듬이는 중간 또는 동종에서도 성별에 따라 서로 다른 모양을 하고 있지만 기본적인 구조는 세 부분으로 되어 있다. 제일 첫마디인 자루마디(Scape), 가운데 마디인 팔굽마디(Pedicel), 끝마디인 채찍마디(Flagellum) 등으로 구성되어 있다. 자루마디에는 더듬이를 움직이는 근육을 가지고 있으며, 팔굽마디에는 존스턴 기관이 있는데 모기류의 수컷에서 특히 잘 발달하였으며, 암컷이 날아다닐 때 내는 날개소리를 듣는다. 또한 많은 곤충류에서 이 기관은 비행 중 바람의 속도를 측정한다. 채찍마디는 다시 여러 개의 작은 마디로 나누어지며 이곳에 냄새를 맡는 감각기들이 집중되어 있다. 곤충 종에 따라 더듬이 모양이 다른 것은 주로 이 채찍마디의 구조와 여기에 있는 감각기들 때문이다. 이런 감각기들은 곤충이 생존에 필요한 먹이와 서식처 그리고 환경변화 등 외부자극에 대한 모든 신호들을 받아들이는 역할을 한다. 그러므로 천적으로 이용하기 위한 곤충 종을 효과적으로 이용하기 위해서는 그들의 행동에 영향을 미치는 감각자극에 대한 이해가 필요하다.

무당벌레(*Harmonia axyridis* Pallas)는 무당벌레과에 속하며 한국, 일본 대만, 중국 및 사할린을 비롯한 극동 시베리아에 널리 분포하는 종이다(Park, 1993). 무당벌레는 진딧물을 포식하는 주요 천적일 뿐 아니라 각지벌레, 온실가루이등을 포함한 여러 해충들을 포식하므로 해충의 생물적 방제에 활용 가능성이 매우 높다(Sweetman, 1958; Hagen, 1962; Seo & Youn, 2000). 실제로 진딧물 개체군 밀도 억제측면에서의 무당벌레의 포식활동은 매우 넓어 다른 포식성 곤충이나 기생성 천적들과 비교했을 때 상대적으로 높은 위치를 차지하는 것으로 평가되며, 특히 유충과 성충이 모두 진딧물을 비롯한 여러 해충들을 포식한다는 사실은 무당벌레가 천적자원으로서 가치가 높음을 확인시켜준다(Seo, 1999; Seo & Youn, 2000). 이런 천적자원으로서 성공하기 위한 필수조건으로 먹이가 밀집된 곳에 예민하게 반응하여 강한 집합성을 보여주어야 한다(Beddington et al., 1978; Hassell, 1978; Begon et al., 1996). 무당벌레류의 경우 먹이 또는 교미상대

탐색에 관련된 행동을 할 때 후각, 맛 또는 물리적인 감각자극들이 영향을 미칠 수 있다고 보고되었다(Strubbs, 1980; Nakamura, 1983, 1985; Le Strat, 1985; Obata, 1986, 1987, 1988). 하지만 무당벌레류에서는 *Coccinella septempunctata* (Yan et al., 1982, 1987)의 큰턱과 작은턱 수염 그리고 *Semiadalia undecimnotata* (Barbier et al., 1989)의 작은턱 수염에 대한 연구 외에는 일반적으로 곤충이 외부신호에 대해 반응한다고 알려진 더듬이 감각기 구조에 대한 연구가 거의 진행되지 않았다. 본 연구는 무당벌레의 천적자원으로서의 활용성을 높이고 포식행동에 관한 이해를 돕기 위해 진딧물 포식성 무당벌레인 *Harmonia axyridis*의 암·수컷에 있는 더듬이 감각기의 외부형태를 조사하여 무당벌레의 감각기에 대한 기초자료를 확보하고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 실험곤충

대전 일원의 야외에서 채집한 무당벌레 월동 개체군을 직경 15 cm의 플라스틱 페트리디쉬에 50마리씩 넣고 15°C 인큐베이터에서 닭간을 공급하면서 사육하였으며, 사육중인 무당벌레 개체군에 복숭아혹진딧물, 목화진딧물과 긴꼬마수염진딧물을 공급하여 채란한 후, 부화유충과 성충을 25±1°C, 상대습도 50~70%, 광주기 16:8(L:D) 조건에서 사육하여 실험재료로 사용하였다.

2. 주사전자현미경 관찰

우화한지 1일 이내인 무당벌레 성충을 -4°C 냉동고에서 12시간 냉동시킨 뒤 광학현미경 하에서 생식기로 성별을 구별한 후, 더듬이를 성/별, 좌/우, 전/후면을 구별하여 바로 알루미늄 stub에 붙여 상온 건조하였다. 완전히 건조된 시료는 SC502 Sputter coater (BIO-RAD, Cambridge, Massachusetts USA)를 이용하여 금으로 증착하여 SEM515 주사전자현미경(Philips, Amsterdam, Netherlands)으로 20 kV에서 관찰하였다.

결과 및 고찰

1. 무당벌레 더듬이의 일반적 형태

무당벌레 더듬이에 대한 이해를 돕기 위하여 각 마디는 자루마디 (Scape, S), 팔굽마디 (Pedicel, P), 채찍마디 (Flagellum, F1-F9)로 구별하여 설명하였으며, 더듬이에서 위치를 구별하기 위해 무당벌레가 살아 있을 때의 더듬이의 위치를 기초로 위, 아래, 앞, 뒤를 윗면을 등쪽 면 (dorsal), 아래면을 배쪽 면 (ventral), 앞쪽 (front), 뒤쪽 (behind)이라 하였으며 이를 모식도로 나타내었다 (Fig. 1). 무당벌레 더듬이는 머리부위에서 겹눈과 입틀 사이에 위치하며, 움직일 때나 쉴 때 모두 몸의 장축과 직각에 가깝게 유지하고 있다. 무당벌레 더듬이의 형태는 염주상이며 (filiform), 자루마디 (Scape, S), 팔굽마디 (Pedicel, P) 그리고 9개의 채찍마디로 (Flagellum, F1-F9) 이루어져 있으며, 전체 길이는 약 1,200 μm 이고, S자 형태의 굴곡을 가지고 있다. 무당벌레의 행동양식을 관찰한 결과 먹이를 찾을 때는 머리를 좌우로 흔들면서 더듬이를 미세하게 움직였는데 특히 먹이가 가까이에 존재할 때는 움직임이 더욱 활발하였다. 무당벌레 암컷과 수컷의 더듬이의 전체적인 형태에 있어서는 암수에 따른 성별의 차이를 나타내지 않았다 (Fig. 2).

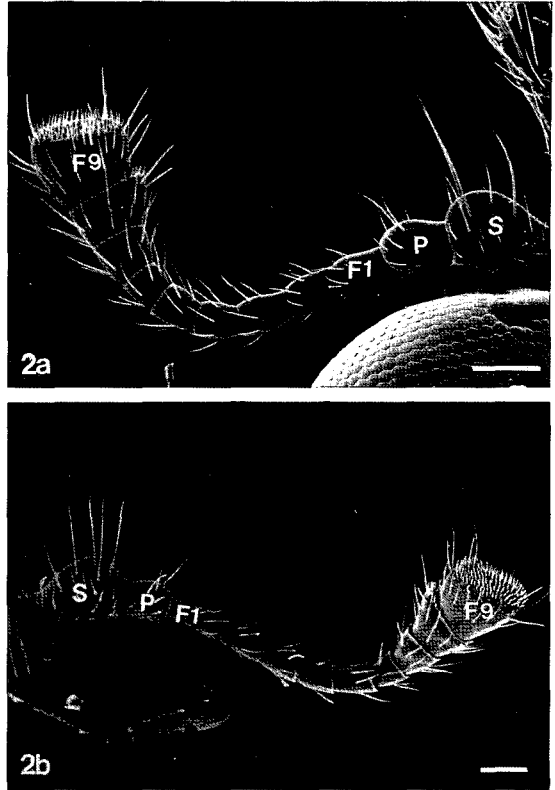


Fig. 2. Both male and female ladybird beetles have moniliform antennae. (a-b) Scanning electron micrographs showing the ventral face of the female and male antenna. S, Scape; P, Pedicel; F1, 1st Flagellum; F9, Terminal Flagellum. Scale bar = 100 μm .

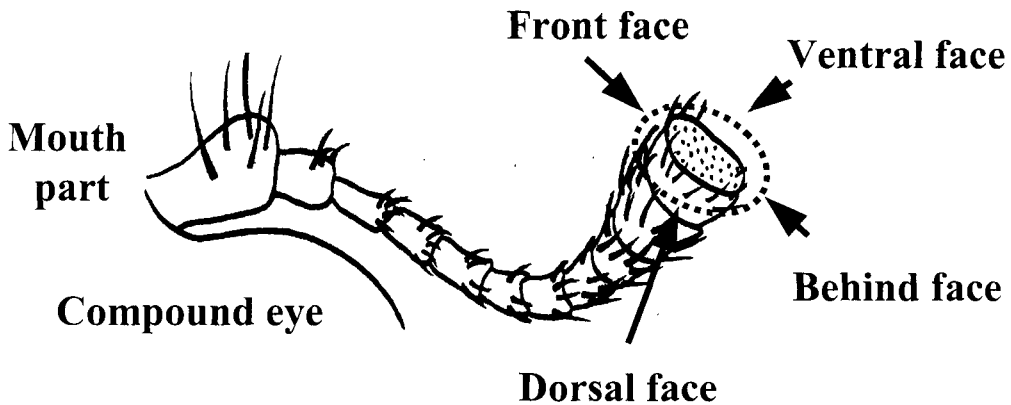


Fig. 1. Ladybird beetles antennae depicted in a diagram: Arrows indicates direction on the view of the Dorsal, Ventral, Front, Behind face.

2. 무당벌레 성충 더듬이에서 관찰된 감각기 종류

무당벌레 성충 더듬이에서 관찰된 감각기의 종류는 감각기의 형태적 차이와 특징에 따라 분류하였다.

1) Böhm sensilla (BöS)

Böhm sensilla는 자루마디와 팔굽마디의 기부에서 2~3 무리를 이루고 있었으며 한 무리는 10개에서 20개로 구성되어 있었다. 자루마디에서는 더듬이가 머리와 이어지는 기부의 연결부위 안쪽에서, 팔굽마디에서는 자루마디로 연결되는 뒤쪽방향의 안쪽에서 각각 관찰되었다 (Fig. 3a, b). 이들 감각기는 그림 3에서 볼 수 있는 바와 같이 주로 socket에 깊숙이 끼워져 있었으며 길이는 3~10 μm 였고 기부에서의 폭은

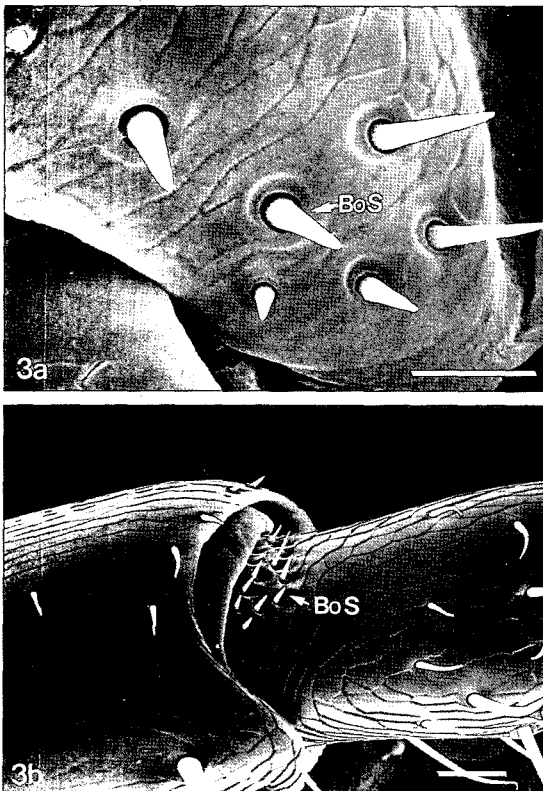


Fig. 3. Böhm sensilla (BoS) were observed in the basal part of the antenna by scanning electron micrography. (a) The same sensilla at the behind face on the scape. Scale bar = 10 μm (b) Böhm sensilla on the between pedicel and first Flagellum. Scale bar = 20 μm .

약 2~3 μm 였다. Zacharuk (1985)에 의하면 Böhm sensilla는 원뿔형의 작은 고깔과 같은 형태를 가지며 이것은 물리감각수용능을 가진다고 하였는데, 무당벌레의 경우에도 Böhm sensilla가 주로 자루마디와 팔굽마디의 기부안쪽에 분포한 점으로 보아 머리와 연결된 더듬이의 움직임에 대한 정보를 인식하는 물리감각수용기이며, 자기반응감응성 감각기로 이용된다고 보여진다.

2) Chetiform sensilla (CS)

Chetiform sensilla는 더듬이 전체에 고루 분포된 것을 관찰할 수 있었으며, 일반적으로 감각기의 끝이 F9쪽을 향하였다. CS는 일반적으로 눈에 띄는 가장 긴 털로 직선으로 곧게 뻗거나 휘어져 있으며, 표면에는 세로로 깊은 홈이 있었다 (Fig. 4). Chetiform sensilla (CS)는 Trichoid sensilla가 말단 마디에 집중되어있는 것과는 달리 전체에 골고루 분포되어 있으며, 다른 종류의 감각기보다 월등하게 길었다. 형태적으로 Trichoid sensilla와 비슷하지만 훨씬 더 두꺼운 벽을 가진 강모형 (bristle, setae 또는 spine) 구조를 보이고, 보통 소켓을 가지고 있었다.

(1) Chetiform sensilla type I (CS I)

CS I은 자루마디에서 길이에 따라 CS I-A와 CS I-B의 subtype으로 나누는데 CS I-A는 짧은 종류로 감각기의 길이가 약 10~50 μm 로 다양하고 기부의 직경은 1~2 μm 며, CS I-B는 가장 긴 털로 감각기의 길이가 약 150~200 μm 로 자루마디에서만 약 4~5개 정도가 관찰되었다. 무당벌레 더듬이 전체에서 CS I-B subtype보다 CS I-A subtype가 더 많이 관찰되었다. 일반적인 형태는 두 subtype 모두 가늘고 끝이 뾰족하며, 표면에 세로로 홈이 깊게 패인 것을 관찰할 수 있었다 (Fig. 4a). 형태에 따른 일반적인 기능으로 물리감각기능과 화학감각기능을 제시할 수 있지만 세포구조 관찰을 하지 않았기 때문에 다른 기능에 대한 가능성도 배제할 수 없을 것으로 판단된다.

(2) Chetiform sensilla type II (CS II)

CS II는 더듬이 전체에 골고루 분포되어 있으며, 마치 각 마디를 감싸는 것처럼 띠를 형성하며 나타나고, 길이는 50~100 μm 며 기부의 직경은 2~3 μm 이다. 형태적으로는 CS I과 유사하게 가늘고 끝이 뾰족

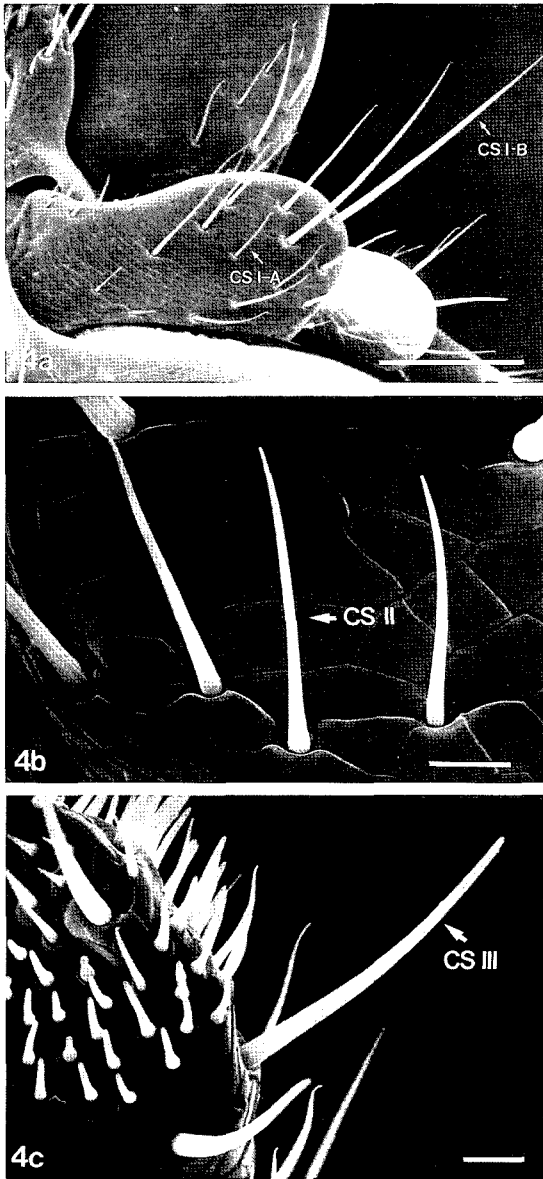


Fig. 4. Chetiform sensilla (CS) were observed along the whole antenna by scanning electron micrography. (a) Dorsal face of scape have the chetiform sensillum type I-A (CS I-A) and chetiform sensillum type I-B (CS I-B). Scale bar = 100 μm (b-c) Chetiform sensilla type II (CS II) and chetiform sensilla type III (CS III). Scale bar = 10 μm .

하며, 표면에 세로의 홈이 나타남을 관찰할 수 있었다 (Fig. 4b).

(3) Chetiform sensilla type III (CS III)

CS III는 F7마디와 F8마디, 그리고 F9마디에서만 나타나며 길이는 약 100~120 μm 이고 폭은 3~4 μm 였다. 감각기의 형태는 끝이 가늘고 뾰족해지며 표면의 세로 홈을 관찰할 수 있었다 (Fig. 4c).

3) Basiconic sensilla (BS)

Basiconic sensilla는 무당벌레 더듬이의 말단인 F9마디의 배쪽면에서만 관찰되었으며, 형태적인 차이를 기준으로 크게 3가지로 나누어 종 모양의 감각기 (BS I), 손가락모양의 감각기 (BS II) 그리고 바늘모양의 감각기 (BS III)로 나눌 수 있다 (Fig. 5a). Basiconic sensilla (BS)는 일반적으로 방망이 (peg)나 솔방울 (cone) 모양을 보였지만 털 모양 감각기의 길이가 줄어들고 모양이 약간 변형되어 생성된 것으로 볼 수 있다. 이들은 주로 화학감각 쪽에 치중되지만 온도 및 습도감각도 보고되고 있으며 감각신경세포의 수는 하나 또는 여러 개로 보고되어 있다 (Schneider, 1968).

(1) Basiconic sensilla type I (BS I)

BS I는 무당벌레 암·수컷 모두 F9마디의 배쪽면에서 관찰되었으며 보통 2개에서 3개가 관찰되었고 배쪽면의 전체에 비교적 골고루 분산되어 있었다. 형태는 종 모양으로 기부는 두꺼우며 말단부위는 오히려 얇아 있었고, 표면에 구멍이나 홈은 관찰되지 않았다 (Fig. 5b).

(2) Basiconic sensilla type II (BS II)

BS II는 F9마디의 배쪽면에서만 관찰되었으며, 보통 5개정도가 한 무리로 배쪽면의 날 하단에 위치하고, 이런 그룹의 3개 정도가 좌/우로 분산되어 있다. BS II의 형태는 손을 오므리고 있는 것처럼 상단부위가 불룩하고 홈이 패어 있으며 (Fig. 5c), 감각기의 외부형태에서는 구멍이 관찰되지 않았다. BS II는 맛감각기로 알려진 *Dendroctonus frontalis* (Dicken and Payne, 1978)의 Fluted sensilla 그리고 *Ipe typographus*에서 나타난 온도감각수용감각기 (Altner, 1977)와 형태적으로 아주 유사하였다.

(3) Basiconic sensilla type III (BS III)

BS III는 F9마디의 배쪽면에서만 관찰되었으며, 보통 무리지어 나타나지 않고 여러 곳에 산재되어 있다. 감각기의 형태는 바늘처럼 기부에서 상단으로 갈

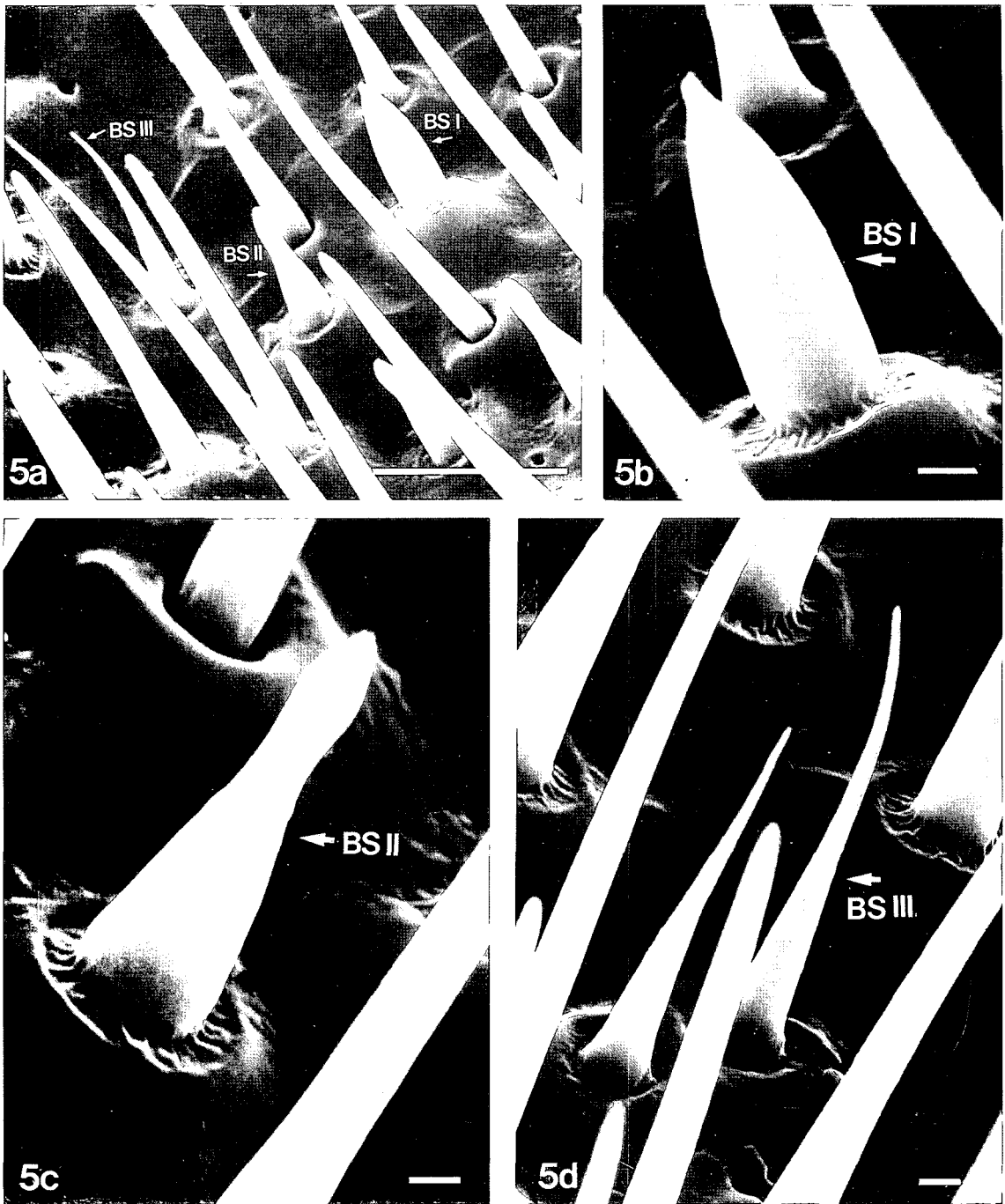
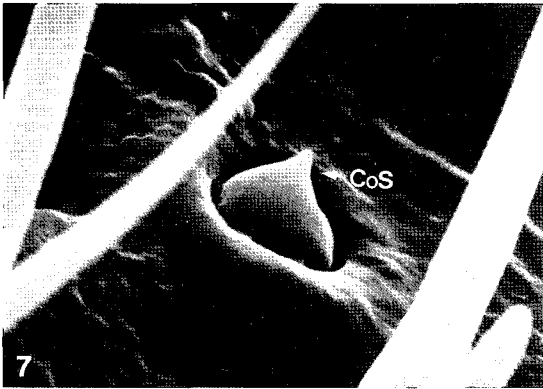


Fig. 5. Basiconic sensilla (BS) located on the ventral face in the terminal segment by scanning electron microscopy. (a) Basiconic sensilla subtypes have the 3 types; Basiconic sensillum type I (BS I), basiconic sensillum type II (BS II), basiconic sensillum type III (BS III). Scale bar = 10 μm (b-d) High magnification of the basiconic sensilla type I (BS I), basiconic sensilla type II (BS II), basiconic sensilla type III (BS III). Scale bar = 1 μm .

수록 뾰족해지며, 외부형태에서는 구멍이 관찰되지 않았다 (Fig. 5d). BS III는 맛감각 기능을 하는 것으로 알려진 *Epilachna varivestris*의 감각기관과 형태적으로 유사하였다 (Fisher and Kogan, 1986).

4) Trichoid sensilla (TS)

Trichoid sensilla는 암 수 모두에서 F9의 등쪽면과 배쪽면에서 약 240~270여 개씩 무리를 지어 관찰되었다. 감각기의 길이는 15~20 μm 이며, 기부의 폭은 약 2~3 μm 이고, 직선으로 뻗어 끝이 부드럽게 마무리 되어있으며, 기부의 Socket은 관찰되지 않았다 (Fig. 6). 이 감각기의 형태관찰에서 구멍이 있는지 관찰할 수 없었지만 형태적인 구조는 Altner (1977)와 Zachrauk (1985)가 단공성감각기 또는 다공성 화학감각기라고 보고한 전형적인 후각 수용기의 형태이며,



Figs. 6-7. Most trichoid sensilla (TS) clumped on the terminal segment. Scale bar = 10 μm . 7. Coeloconic sensilla (CoS) were observed on the ventral face in the terminal segment of only in the male antennae. Scale bar = 2 μm .

특히 F8마디와 F9마디에서만 관찰되었다. 이 감각기는 보통 자유롭게 움직일 수 있는 털 모양의 감각기로 길이의 변이가 심하고 일반적으로 그 직경은 길이에 비례한다. 이들은 순수한 기계감각, 기계와 맛감각, 냄새감각 또는 온도감각기로 이용되며 감각 신경세포 수도 그 기능에 따라 다르다. 무당벌레 성충 더듬이에서 trichoid sensilla (TS)는 암컷은 약 240개, 수컷은 약 270여개가 관찰되었고, 말단의 2마디에서 집중적으로 관찰되었다. Trichoid sensilla (TS)가 화학수용기능이 있는 점으로 미루어 무당벌레의 경우 더듬이의 굴곡은 채찍마디 8번째 마디의 앞쪽면에 위치하는 TS쪽으로 여러 자극물질을 집중시켜 이를 인식하기 쉽게 해주는 역할을 하는 것으로 보이며, 이러한 기능은 종내 통신이나 성 상호간 통신에 한 역할을 담당한다고 판단되어진다. 좀나방의 경우 Trichoid류의 감각기는 산란처를 찾는 기능을 하는 것으로 알려져 있으나 (Fauchaux, 1987) 무당벌레류에서는 특정 산란처에 산란하는 습성이 없기 때문에 이 같은 기능을 하는 것으로 보이지 않는다.

5) Coeloconic sensilla (CoS)

Coeloconic sensilla는 무당벌레 수컷의 F9마디 배쪽면에서만 발견되었으며, 안쪽으로 비교적 낮게 함입된 부위에 원추형감각기가 돌출된 형태로 관찰되었으며, Basiconic sensilla가 관찰된 부근에서 관찰되

Table 1. The mean number of the sensory sensilla on each segment of the antenna on the head of the adult Asian ladybird, *Harmonia axyridis*

Antennal segment	Mean number of sensilla ^a \pm SE ^b	
	Male	Female
Scape	51.7 \pm 4.2	57.3 \pm 2.4
Pedicel	46.0 \pm 2.3	32.0 \pm 1.9
Flagellum 1	11.3 \pm 1.1	10.7 \pm 2.0
Flagellum 2	11.0 \pm 1.0	11.0 \pm 1.0
Flagellum 3	11.7 \pm 0.8	11.3 \pm 0.8
Flagellum 4	9.0 \pm 1.0	8.3 \pm 1.1
Flagellum 5	9.0 \pm 0.8	9.3 \pm 1.2
Flagellum 6	10.0 \pm 1.0	9.6 \pm 0.8
Flagellum 7	11.0 \pm 0.0	10.7 \pm 0.8
Flagellum 8	46.7 \pm 0.8	44.0 \pm 1.0
Flagellum 9	311.0 \pm 3.1	321.7 \pm 2.8
Total/antennae	528.7 \pm 3.3	526.0 \pm 3.4

^a: Means were calculated with 3 male and 3 female antennae.

^b: SE; Standard error

Table 2. The various type on the adult antennae *H. axyridis*

Sensilla	Sensilla number of sensilla ^a ± SE ^b	
	Male	Female
Böhm sensilla	47.3 ± 1.2	45.8 ± 1.2
Chetiform sensilla		
Type I	103.7 ± 1.0	93.5 ± 1.1
Type II	100.7 ± 1.4	91.5 ± 1.4
Type III	6.3 ± 0.8	0
Basiconic sensilla		
Type I	2.3 ± 0.8	2.3 ± 0.7
Type II	14.0 ± 1.0	8.0 ± 0.9
Type III	8.0 ± 0.0	17.8 ± 1.0
Coeloconic sensilla	1.3 ± 0.8	0
Trichoid sensilla	244.3 ± 2.0	267.3 ± 1.3
Total of sensilla	528.7 ± 3.3	526.0 ± 3.4

^a: Means were calculated with 3 male and 3 female antennae.

^b: SE; Standard error

었다. 이 감각기는 일반적으로 냄새, 온도, 습도에 반응한다고 하였으나(Zarcharuk, 1985) 무당벌레의 경우 수컷에서만 관찰된 것으로 보아 성 페로몬 탐색과 관련이 있을 것으로 생각되었다(Fig. 7).

3. 무당벌레 성별간의 감각기 차이

무당벌레 성충 더듬이 표면에서의 감각기의 수와 분포에서는 암수간에 차이를 나타내었다. 더듬이 마디 중 말단마디인 F9에서 수컷이 암컷보다 약 10개의 감각기가 적게 나타났고, 전체적으로 관찰했을 때 중간마디인 F1에서 F8마디까지 암컷이 수컷보다 감각기의 수가 더 많은 것으로 나타났다(Table 1). F9마디의 배쪽면에서 나타나는 감각기중 수컷에서는 암컷에서 관찰할 수 없었던 Coeloconic sensilla가 관찰되었다(Fig. 7). 곤충의 더듬이에 존재하는 sexual dimorphism은 일반적으로 페로몬과 관련되는 것으로 미루어 Coeloconic sensilla도 페로몬과 관계된 감각기일 것으로 판단된다. 집파리의 sexual dimorphism은 더듬이의 크기, 감각기의 수, 감각기의 밀도, 감각공의 수의 차이이며, *Pseudoperichaeta nigrolineata*는 오직 총 더듬이에서의 감각기 수 차이가 유일한 sexual dimorphism이다. 이 마디의 특징 중 또 한가지는 Trichoid sensilla가 암컷의 경우엔 전체 526개중 267개, 수컷의 경우엔 528개 중 244개가 관찰되었으며(Table 2), 이것은 Trichoid sensilla가 화학감각 수용기

능이 있는 점으로 미루어 암컷이 수컷보다 번식과 다음세대의 생존률에 영향을 주는 먹이나 산란처 선택에 있어서 외부환경에서 오는 화학물 신호에 대한 감응감각이 좀 더 민감한 것으로 판단된다.

참고 문헌

- Altner H: Insect sensillum specificity and structure : an approach to a new typology. In Olfaction and Taste VI (Paris). Eds. by J. Magnen and P. MacLeod. Information Retrieval. London, 1977.
- Beddington JR, Free CA, Lawton JH: Modelling biological control; on the characteristics of successful natural enemies. *Nature* 273 : 513-519, 1978.
- Barbier R, Ferran A, Le Lannic J, Le Strat A: Ultrastructure et fonction des organes sensoriels des palpes maxillaires de la coccinelle *Semiadalia undecimnotata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Bull Soc Zool Fr* 114 : 119-128, 1989.
- Begon MJ, Harper L, Townsend CR: Ecology. Individuals, populations and communities 3rd Blackwell, Oxford, 1996.
- Dicken JC, Payne TL: Structure and function of the sensilla on the antenna club of the southern pine beetle *Dendroctonus frontalis* (Zimmerman) (Coleoptera: Scolytidae). *Int J Insect Morphol Embryol* 7 : 251-65, 1978.
- Faucheux MJ: Recherches sur les Organes Sensoriels Implique's dans le Comportement de Ponte chez deux Lepidopteres a Larves Keratinophages: *Tineola bisselliella* Humm. et *Monopis crocicapitella* Clem. (Tineidae). These dic etat Univ Nantes. 1987.
- Fisher DC, Kogan M: Chemoreceptors of adult Mexican bean beetles: external morphology and role in food preference. *Entomol Exp Appl* 40 : 3-12, 1986.
- Hargen KS: Biology and ecology of predaceous Coccinellidae. *Ann Rev Ent* 7 : 289-326, 1962.
- Hassell MP: The dynamics of arthropod predator-prey systems. Princeton University Press, Princeton 1978.
- Le Strat A: Etude de la Recherche et de la Detection des Proies par la Coccinelle Adulte *Semiadalia undecimnotata* Schn. (Coleoptera : Coccinellidae): Donnes sur l'Equipe-ment Sensoriel des Trois Appendices de la Tte. DEA d'Agronomie, Universit de Rennes, Rennes. 1985.
- Nakamura K: Sequence of predatory behaviour of the lady-beetle *Coccinella septempunctata* L. larvae. *Bull Entomol*

- Res 67 : 235–241, 1983.
- Nakamura K: Area-concentrated search in adult *Coccinella septempunctata* (Coleoptera : Coccinellidae): releasing stimuli and decision of giving-up time. Jpn J Appl Entomol Zool 29 : 55–60, 1985.
- Obata S: Mechanisms of prey finding in the aphidophagous ladybird beetle, *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera : Coccinellidae). Entomophaga 31 : 303–311, 1986.
- Obata S: Mating behavior and sperm transfer in the ladybird beetle *Harmonia axyridis*. Appl Entomol Zool 22 : 434–442, 1987.
- Obata S: Mating refusal and its significance in the female ladybird beetle *Harmonia axyridis*. Physiol Entomol 13 : 193–200, 1988.
- Park HC: Systematics and ecology of Coccinellidae (Insecta: Coleoptera) in Korea. Ph D Thesis Korea University, 1993. (Korean)
- Schneider D, Steinbrecht RA: Checklist of insect olfactory sensilla. Symp Zool Soc Lond 23 : 279–297, 1968.
- Seo MJ: Behavioral characteristics and effective control strategies to aphids with the Asian Ladybird Beetle, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). MSC Thesis, Chungnam National Univ pp. 68, 1999.
- Seo MJ, Youn YN: The Asian Ladybird, *Harmonia axyridis*, as biological control agent: I. Predacious behaviour and feeding ability. Kor J Appl Entomol 39(2) : 59–71, 2000. (Korean)
- Strubbs M: Another look at prey detection by coccinellids. Ecol Entomol 5 : 179–182, 1980.
- Sweetman HL: The principle of biological control. Brown WC, Dubuque Iowa 1958.
- Yan, FS, Quin J, Xiang XF: The fine structure of the chemoreceptors on the labial palps of *Coccinella septempunctata* L. Acta Entomol Sin 25 : 135–140, 1982.
- Yan FS, Quin J, Xiang XF: The chemoreceptors on the maxillary palps of the adult ladybird beetle *Coccinella septempunctata* L. Acta Entomol Sin 30 : 146–151, 1987.
- Zacharuk RY: Antennae and sensilla. In: Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology, Vol. 6 (eds. G. A. Kerkut and P. J. Albert) pp. 1–69, Pergamon Press, Oxford, 1985.

< 국문 초록 >

무당벌레 (*Harmonia axyridis*) 성충 더듬이에 분포하는 감각기를 주사전자현미경으로 관찰하였다. 무당벌레 성충 더듬이에서 형태적으로 크게 차이를 보이는 5종류의 감각기, Böhm, Basiconic, Chetiform, Trichoid 그리고 Coeloconic sensilla를 관찰할 수 있었다. Böhm sensilla는 자루마디와 팔굽마디 기부안쪽의 동쪽면과 배쪽면에서만 관찰되었고, 이것은 분포된 위치로 미루어 더듬이의 움직임과 위치를 확인하는 자기반응감응성 감각기로 보여진다. Basiconic sensilla와 Chetiform sensilla는 형태적 차이에 의하여 3가지 subtype으로 나눌 수 있었으며, Trichoid sensilla는 암·수컷 더듬이 모두에서 더듬이 말단의 2마디에서만 확인되었다. 무당벌레 성충 더듬이에서 관찰된 sexual dimorphism은 더듬이 감각기의 분포와 종류가 있었는데 이것은 암컷과 수컷간의 더듬이 감각기의 분포가 다르게 나타났으며, 감각기의 다양성이 가장 높게 나타난 말단마디의 배쪽면에서 관찰된 Coeloconic sensilla는 수컷에서만 관찰되었고, Trichoid sensilla의 경우 수컷보다 암컷에서 더 많이 관찰되었다. 이러한 sexual dimorphism은 동종의 성상호간 통신에 이용되는 것으로 보여진다.