

좁목형 엽육 표피조직의 분비모 발달 양상

박재용, 김인선*

계명대학교 자연과학대학 생물학과

Developmental Patterns of Glandular Trichomes in Leaves of *Vitex negundo*

Jaeyong Park and InSun Kim*

Biology Department, College of Natural Sciences, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea
(Received June 4, 2010; Revised June 19, 2010; Accepted June 21, 2010)

ABSTRACT

Vitex negundo is an aromatic plant which releases a unique scent due to the presence of essential oil stored presumably within glandular trichomes. The focus of this research was to study developmental patterns of glandular trichomes in *Vitex negundo* leaves using electron microscopy. There are two types of glandular trichomes which develop on the leaf epidermis of *Vitex negundo*, peltate glandular type (PT) and capitate glandular type (CT). Structural features differ significantly depending on size and density, formation of secretory cavity, plastid, etc during developmental stages. In young leaves, undifferentiated PTs are densely distributed in the upper epidermis, but are not externally exposed in the lower epidermis because they are covered by non-glandular simple trichomes. Upon leaf development, PTs and CTs show clear structural differentiation in the upper and lower epidermis.

PTs are composed of up to eight head cells (ca. 35~40 μm) and one stalk cell (ca. 5 μm), while CTs are composed of four head cells (ca. 10~15 μm) and 1~2 stalk cells (ca. 10 μm). Although secretory cavities develop on the secretory head cells, their size, structure, and formation proceed very differently depending on trichome type. In early development of PT, a large cavity with numerous secretory vesicles form rapidly from the head cells. In CT, however, only a small secretory cavity is formed, slowly relative to PT, without secretory vesicles. The PTs are considered to play an important role in releasing the aromatic components of *Vitex negundo*.

Keywords : Developmental pattern, Electron microscopy, Glandular trichomes, Leaf, *Vitex negundo*

서 론

독특한 성분을 방출하는 식물체에서는 분비구조가 여러 기관에서 발달한다. 분비구조는 형성 부위 및 분비기작에 따라 외분비구조와 내분비구조로 나뉘는데(Ascensao et al., 1995; Fahn & Shimony, 1996), 분비구조 내에서의 지속적인 물질대사에 의해 생성되는 성분은 고유의 분비현상으로 이

들 구조의 외부 또는 내부로 이동하여 방출된다. 여러 형태로 분화되는 분비구조 및 분비물질의 종류는 식물 종에 따라 다르게 나타난다(Rudall, 1997; Hallahan, 2000).

조직 구성 세포들이 다른 조직과 구별되는 세포들로 이루어져 있는 표피조직에는 분비모(glandular trichomes)와 같은 특수화된 이형세포들이 잘 발달한다. 이들은 식물체가 필요로 하는 유용한 활성물질의 합성 및 저장, 그리고 필요 시 생성한 물질을 외부로 방출하는 특수한 구조로(Fahn & Shi-

* Correspondence should be addressed to Dr. InSun Kim, Biology Department, College of Natural Sciences, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea. Ph.: (053) 580-5305, Fax: (053) 580-5305, E-mail: botany@kmu.ac.kr

mony, 1996; Mauseth, 2008) 동일 조직 내에서도 한 종류 이상이 발달할 수 있다.

분비모는 일반적으로 분비세포(secretory head cells), 병세포(stalk cells), 기저세포(basal cells)로 이루어지며, 분비세포의 특성, 병세포 형태, 세포분화 양상 등의 구조적 특징에 따라 peltate와 capitate 유형으로 구별된다(Werker, 2000; Huang et al., 2008). 분비물질 생성 및 분비기작에 중요한 역할을 하는 분비모 정단의 두정부위에는 다세포성 분비세포들이 형성되고, 이들 세포 내에는 분비강(secretory cavity)이 잘 발달한다. 분비기작에 직접 관여하지는 않는 병세포 및 기저세포는 분비세포 하단에 위치하여 이들 분비세포들을 지지하는 기능을 수행한다. 분비모 병세포의 형태나 구조는 유형에 따라 매우 다른 양상을 보여 capitate 유형에서는 비교적 가늘고 길게 신장된다. 반면, peltate 유형에서는 매우 짧거나 무병의 형태로 발달하여 많은 경우 peltate 유형은 외형상 표피조직 표면에 밀착되어 나타난다. 기저세포는 분비모 기저부위에 위치하여 분비세포와 병세포를 표피조직에 부착시키는 역할을 하나, 일부 식물에서는 전혀 형성되지 않기도 한다.

식물의 방향성 기작에서 주요 성분으로 작용하는 정유(essential oils)는 2차대사물질로 식물 간 상호작용, 식물체 보호 및 방어, 항 세균성 등의 기능을 수행할 수 있는 생리활성 물질이다(Sarikurku et al., 2009). 방향성 식물의 여러 부위에 발달하는 향 방출 분비모 내에는 다양한 2차대사물질이 함유되어 있다(Serrato-Valenti et al., 1997; Jirovetz et al., 1998; Amancharla et al., 1999; Lee & Kim, 2006). 쯤목형(*Vitex negundo*)은 잎과 줄기 등의 부위에서 정유를 생성하여 독특한 향기를 발산하는 방향성 식물로 강한 향기를 발산하는 잎은 민간에서 약재로 사용되거나 함유하고 있는 특정성분에 의한 해충퇴치의 기능이 보고되어 있다(Duke & Paul, 1993; Amancharla et al., 1999).

쯤목형속(*Vitex*) 식물에 대한 연구는 특히 잎에서 생성된 정유성분의 구성(Mallavarapu et al., 1994)과 계절별 정유성분의 상이성(Rana & Rameshwar, 2003), 정유 등 특정성분이 지니는 약리적 효능(Telang et al., 1999; Sathiamoorthy et al., 2007; Sarikurku et al., 2009), 특정성분에 의한 해충퇴치 능력(Amancharla et al., 1999; Son, 1999), 함유성분에 대한 생화학적 분석(Santos et al., 2001) 등의 생리적, 생화학적 특성에 집중되어 있다. 그러나 분비성분 방출에 중요한 기능을 수행하는 분비구조에 대한 연구는 그리 많지 않은 실정이나 최근 수행된 연구에서 구조적 특성이 간략하게 언급이 되고 있다. 함유성분 분석과 함께 병행된 쯤목형의 잎과 줄기에 발달하는 모용의 구조적 분화발달 연구에서(Lee & Kim, 2006) peltate 및 capitate 두 유형의 분비모가 모두 분비현상에 관여하는 것으로 추정된 바 있다. 그러나 쯤목형의 어린잎에 대한 저배율상의 모용 비교 조사에 의하면 Lee

& Kim (2006) 연구에서 밝힌 결과와는 다르게 이들 두 유형의 구조는 확연히 다른 발달 양상을 나타내고 있다(Kim, unpublished data). 또 다른 방향성 약용식물인 *V. ferruginea* 종의 잎과 꽃 함유 정유성분의 분석 및 효능 활성도 연구에서도 분비모를 언급하였으나 이들 두 종류 분비모에 대한 구조적 특성은 자세히 설명되지 않고 간략하게 기술되어 있다(Cabral et al., 2008). 그러나 이들 연구에서 언급한 형태적으로 상이한 두 유형의 분비모의 발달 양상에 초점을 두어 수행한 연구는 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 쯤목형(*V. negundo*) 엽육 표피조직에 발달하는 분비모의 발달 양상을 성장 초기와 성숙한 단계로 구분하여 유형별 특성을 전자현미경으로 비교 연구하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용된 쯤목형(*Vitex negundo*)은 대구광역시 달서구 다사읍 달천리에 자생하는 식물로, 2009년 6~8월에 걸쳐 수차례 채취되었다. 식물체는 절린 상태의 어린잎(ca. 5 mm)에서부터 45~50 mm의 성숙한 잎이 채취되었고, 이들 조직은 2~5 mm² 크기로 일정하게 세절되어 다음의 방법으로 실험되었다.

2. 실험방법

주사전자현미경법으로 연구될 잎은 3% glutaraldehyde 용액으로 3시간 전고정 처리한 후, 0.1 M sodium phosphate buffer (pH 6.8)로 15분씩 3회 세척하였다. 세척된 시료는 2% osmium tetroxide (OsO₄)로 4°C에서 2시간-overnight 동안 후고정하여 동일 buffer로 15분씩 3회 세척되었다. 고정된 시료는 graded acetone series (10% → 100%, 10% 증가, 100% 2회, 15분 간격)로 탈수과정을 거쳤다. 이후 시료는 Emitech K850에 의한 liquid CO₂ 임계점 건조(critical point drying, CPD) 과정을 거쳐 Emitech K550X로 금속(Pt) 피막을 입힌 후 한국기초과학지원연구원 대구센터의 Hitachi S-4200 SEM으로 15 kV에서 연구되었다. 이러한 과정을 거친 후 SEM에 의해 수집한 image data는 부착된 computer program에 입력된 후 Microtek scanner 및 Mitsubishi CP9500DW로 image processing되어 비교 연구되었다.

투과전자현미경법으로 연구될 시료들은 SEM 방법과 동일한 3% glutaraldehyde 전고정, 2% osmium tetroxide 후고정 및 acetone 탈수과정으로 처리하였다. 탈수가 끝난 시료들은 acetone과 resin의 비율이 3:1, 2:1, 1:1, 1:2로 혼합된 용액으로 각각 1시간씩 실온의 rotator 상에서 치환되었고 이후 100% resin 용액으로 1시간씩 2회 침투시킨 후 포매단계

를 준비하였다. 이때 resin 용액은 low-viscosity resin 제조법에 의해 NSA (26 g), VCD (10 g), DER (6.5 g), DMAE (0.4 g) 을 차례대로 첨가·혼합하여 제조하였다. 순수 resin으로 교체된 시료들은 embedding plate에 포매되어, 65°C drying oven 내에서 48시간 동안 중합경화 시킨 후 resin block으로 제작되었다. 이들 resin block은 Reichert knife maker로 만든 glass knife이 이용하여 후박절편으로 제작되었다. Glass knife를 이용하여 Reichert Ultracut-S ultramicrotome으로 0.5~1.0 µm 후박절편을 만들고, 0.5% Toluidine Blue 용액으로 염색한 후 Zeiss 광학현미경을 통해 사용할 초박절편의 조직을 조사하였다. 이후 diamond knife로 60~90 nm 얇은 초박절편을 제작하여 single slot grid 또는 mesh copper grid로 옮겨진 후 3% uranyl acetate와 lead citrate에서 각각 40분 이상 염색되었다. 이와 같은 과정을 거친 시료는 한국기초과학지원연구원 대구센터의 Hitachi H-7100 TEM을 이용하여 75 kV에서 연구되었고, 이후 이들 image data에 대한 종합적인 image processing은 Artix Scan 4500t Microtek film scanner, Mitsubishi CP9500DW digital printer로 분석되었다.

결 과

줄목형은 방향성 관목으로 잎의 표피조직에는 다세포성 비분비모 외에 2가지 유형의 분비모가 생장 초기단계에서부터 특징적으로 발달하였다. 엽원기에서 분화하는 생장 초기의 어린잎은 접혀 있으나 엽신이 신장하면서 접힌 엽육조직이 외부로 노출되어 상피조직에 밀생하는 수많은 분비모들이 관찰되었다(Figs. 1, 2). 엽육조직이 신장하여 40 mm 이상의 크기로 확장된 성숙한 잎의 상피조직에서는 분비모의 밀도가 어린잎에 비해 비교적 낮게 나타났다(Fig. 3). 반면, 어린 잎 하피조직은 비분비성 단순모들에 의해 몇 층으로 피복되어 표면 부위는 외부로 표출되지 않았고(Figs. 4, 5), 이러한 분비모들은 성숙한 잎의 하피조직에서 적은 밀도로 발달하였다(Fig. 6). 이들 잎에 형성된 분비모 유형에 따른 구조적 특징과 발달양상은 다음과 같다.

1. Peltate형 분비모 (peltate glandular trichomes)

Peltate형 분비모는 6~8개의 분비세포와 1개의 병세포로 분화하며, 상피와 하피조직에 모두 발달하였으나 일반적으로 상피조직에 더욱 조밀하게 분포하였다. 본 유형의 분비모는 분화초기 2~3회 세포분열로 분비세포의 수를 증가시키는 것과 함께 분비세포 외부의 세포벽 층이 분리되어 팽창하면서 분비강이 빠르게 형성되기 시작하였다. 분비강이 다 형성된 후 성숙한 분비세포들의 위 부분 정단부위는 직경 약 35~40 µm로 크게 팽창하였다(Figs. 7, 8). 분비세포

에서 생성된 분비물질은 세포벽을 통해 분비강으로 이동되면서 많은 분비소낭에 저장되었다. 분비강 내에는 크고 작은 수많은 분비소낭들(secretory vesicles)이 공간을 채워 나가며 확장되었다(Fig. 8). 분비현상이 수반되기 전 분비세포의 표면은 매끄러우며(Figs. 7, 9), 일부의 경우 성숙한 분비모의 표면에서는 분비강 내에서 진행되는 1.5~2 µm 이상의 커다란 여러 분비소낭들의 형성 및 축적과정이 관찰되기도 하였다. 이후 분비현상이 진행되면서 분비물질 등의 특정 성분이 외부로 빠져나가면 분비강의 정단부위가 수축하거나(Fig. 10) 분비강이 기저부위까지 완전히 함몰된 원반상의 구조로 변형되었다. 분비세포들을 지지하는 하단의 짧은 ca. 5 µm의 병세포는 전자밀도가 높은 분비세포 세포벽에 의해 격리되어 표피조직에 밀착 발달하였다.

2. Capitulate형 분비모 (capitulate glandular trichomes)

분비모 정단 분비세포에 비해 병세포가 길게 신장하는 capitulate형 분비모는 peltate형 분비모에 비해 수적으로는 적게 분포하나, 상피 및 하피조직 모두에 발달하였다(Fig. 11). Capitulate형 분비모는 정단에 직경 10~15 µm의 비교적 작은 4개의 분비세포와 이를 지탱하는 5~10 µm의 병세포로 이루어져 있다(Fig. 12). 분화 초기단계에서 분비세포와 병세포는 뚜렷하게 구분되어 발달하며 성숙함에 따라 분비세포 정단부위가 서서히 팽창하기 시작하였다. 분비기작 이전 분비세포의 표면은 peltate형 분비모처럼 비교적 매끄러우나, 분비현상이 진행되면서 점점 수축하고(Fig. 13) 분비물질이 방출되고 나면 분비세포 또한 수축 변형되었다(Fig. 14). 이들 capitulate형 분비모는 어린잎에 밀생하나, peltate형 분비모에 비해 적은 수로 분포하였다. Capitulate형 분비모의 분비세포 내 분비강의 발달과정은 peltate형 분비모와 다르게 진행되었다. 발달 초기 세포벽과 접해 있다가 이후 분리되어 서서히 형성된 분비강은 peltate형 분비모와는 달리 작게 형성이 되었고 분비강 내에는 분비소낭이 형성되지 않았다(Fig. 15).

고 찰

식물은 주어진 생육환경을 극복하기 위한 식물체 특유의 구조들을 발달시키고, 여러 외부자극에 대하여 대응할 수 있는 다양한 방어기작을 가지고 있다. 특히 방향성 식물은 잎, 줄기 등의 영양구조나 꽃, 열매 등의 생식구조에 특정성분을 방출하는 분비성 모용인 분비모를 형성하여 이러한 기작을 수행한다. 분비모는 표피조직에서 보호와 방어, 분비물질 합성, 소화 등의 기능을 수행하며 (Werker, 2000; Combrinck et al., 2007; Ko et al., 2007) 특정물질을 세포의 외부

또는 세포간격으로 방출하는 매우 분화된 세포들로 구성된 다(Gersbach, 2002; Popa & Sipos, 2009). 이들이 생성하는 분비물질은 일반적으로 복합적인 성분들로 구성되어 있는데 (Werker, 2000; Kolb & Muller, 2004; Osbourn & Lanzotti, 2009), 방향성 식물들이 함유하는 정유나 수지는 대부분 소수성 물질로 flavonoid 혹은 terpene 계열의 성분으로 보고되어 있다(Chou & Yao, 1983; Hallahan, 2000; DerMarderosian & Beutler, 2008).

좁목형은 강한 향을 방출하는 방향성 식물로 이들의 잎과 줄기는 민간에서 약재로 사용되거나 함유하고 있는 특정성분에 의한 해충퇴치 기능이 알려져 있다(Duke & Paul, 1993; Amancharla et al., 1999; Son, 1999). 좁목형속 식물에 대한 연구는 특히 생리적, 생화학적으로 많은 연구가 이루어져 있으나 분비성분 방출에 중요 기능을 수행하는 분비모에 초점을 두어 수행한 연구는 거의 없는 실정이다. 그러나 엽육조직이 함유하는 성분 분석과 함께 병행된 좁목형의 잎과 줄기에 발달하는 모용의 분화발달 연구에서 비분비모 및 분비모용이 조사된 바 있다(Lee, 2005). 이 연구에서는 peltate 및 capitate 두 유형의 분비모가 모두 분비현상에 관여하고, 엽육조직에서 발산되는 물질이 flavonoid 계열의 물질과 monoterpene의 iridoid 계열인 aucubin 성분으로 밝히고 있다(Lee, 2005). 이들 물질은 다른 방향성 분비식물 종들에서와 같이 분비모 정단의 분비세포 세포질에서 합성된 후 분비소낭 형태로 운반되어 분비강 내에 저장된다고 주장하였으나(Lee, 2005; Lee & Kim, 2006) 본 연구에서의 결과는 이와는 달리 분비모 유형에 따라 다른 양상으로 나타났다. 특히 어린잎 표피조직에 밀생하는 peltate 유형에서 빠르게 분비세포 및 분비강의 분화가 진행되었는데, 이들은 확장된 분비강을 형성하여 수많은 분비소낭을 축적해나갔다. 그러나 capitate 유형에서는 분비강이 작게 형성되고 공간 내에는 분비소낭들이 거의 형성되지 않는 등 peltate 유형과는 다른 분화과정을 거치지 않는 것으로 확인되었다.

이와 같이 좁목형의 분비모는 엽육 표피조직의 성장 초기 발달단계에서부터 peltate 유형과 capitate 유형이 뚜렷한 형태구조적 차이를 나타내며 분화하였다. 특히 peltate 유형에는 정단 분비세포 외부의 세포벽 층이 분리되어 팽창하면서 분비강이 빠르게 형성되었고, 분비세포 세포질에서 생성된 분비물질은 세포벽을 통해 분비소낭의 형태로 저장되어 분비강으로 이동하였다. 이후 분비강을 가득 채운 분비소낭들이 용해되면서 특유의 성분을 외부로 방출하는데, 이는 분비세포 세포벽과 분비강이 파열되지 않고 자연적으로 수축·함몰되는 누출상 분비(eccrine secretion)로 추정되었다.

본 연구의 결과에서는 좁목형 식물체의 성분 방출에 있어서는 수많은 분비소낭 및 독특한 색소체 등이 분비세포에 잘 발달한 peltate형 분비모가 분비소낭이 거의 발달하지

않는 capitate형 분비모에 비해 더 중요한 기능을 수행하는 것으로 나타나고 있다. 좁목형 식물체의 특정 성분방출에 있어 분비모 구조에 대한 정확한 기능을 규명하기 위해서는 향후 경정단 분열조직에서 기원하는 엽원기 등 엽육조직 초기의 미분화 단계에서부터 이들을 추적하여 미세구조적 특성을 밝히는 연구가 수행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- Amancharla PK, Muthuraj PS, Rao GV, Singh OV: Isolation of a potent mosquito repellent from *Vitex negundo* L.: an alternative source of rotundial. *Nat Product Sci* 5 : 104-106, 1999.
- Ascensao L, Marques N, Pais MS: Glandular trichomes in vegetative and reproductive organs of *Leonotis leonurus* (Lamiaceae). *Ann Bot* 75 : 619-626, 1995.
- Cabral C, Goncalves MJ, Cavaleiro C, Salgueiro L, Antunes T, Sevinat-Pinto I, Sales F: *Vitex ferruginea* Schumacher. Et. Thonn. subsp. amboniensis (Gurke) Verdc.: glandular trichomes micromorphology, composition and antifungal activity of the essential oils. *J Essent Oil Res* 20 : 86-90, 2008.
- Chou CH, Yao C: Phytochemical adaptation of coastal vegetation in taiwan: I. Isolation, identification, and biological activities of compounds in *Vitex negundo* L. *Bot Bull Academia Sinica* 24 : 155-168, 1983.
- Combrinck S, Duplooy GW, Mccrindle RI, Botha BM: Morphology and histochemistry of the glandular trichomes of *Lippia scaberrima* (Verbenaceae). *Ann Bot* 99 : 1111-1119, 2007.
- DerMarderosian A, Beutler JA: The Review of Natural Products: The most complete source of natural product information. 5th ed. Wolters Kluwer Health, pp. 299-304, 2008.
- Duke SO, Paul RN: Development and fine structure of the glandular trichomes of *Artemisia annua* L. *Intl J Plant Sci* 154 : 107-118, 1993.
- Fahn A, Shimony C: Glandular trichomes of *Fagonia* L. (Zygophyllaceae) species: structure, development and secreted materials. *Ann Bot* 77 : 25-34, 1996.
- Gersbach PV: The essential oil secretory structures of *Prostanthera ovalifolia* (Lamiaceae). *Ann Bot* 89 : 255-260, 2002.
- Hallahan DL: Monoterpenoid biosynthesis in glandular trichomes of Labiate plants. In: Hallahan DL, Gray JC, Callow JA, eds, *Advances in Botanical Research: Plant Trichome*, pp. 77-120, Academic Press, San Diego, 2000.
- Huang SS, Kirchoff BK, Liao JP: The capitate and peltate glandular trichomes of *Lavandula pinnata* L. (Lamiaceae): histochemistry, ultrastructure, and secretion. *J Torrey Bot Soc* 135 : 155-167, 2008.
- Jirovetz L, Buchbauer G, Puschmann C, Shafi MP, Nambiar MKG: Analysis of the essential oils of the leaves of the medicinal plants *Vitex negundo* var. *negundo* and *Vitex negundo* var. *purpurescens* from India. *Acta Pharm* 48 : 179-186, 1998.

- Ko KN, Lee KW, Lee SE, Kim ES: Development and ultrastructure of glandular trichomes in *Pelargonium × fragrans* 'Mabel grey' (Geraniaceae). *J Plant Biol* 50 : 362-368, 2007.
- Kolb D, Muller M: Light, conventional and environmental scanning electron microscopy of the trichomes of *Cucurbita pepo* subsp. *pepo* var. *styriaca* and histochemistry of glandular secretory products. *Ann Bot* 94 : 515-526, 2004.
- Lee SH: Structural features of glandular trichomes in *Vitex negundo* var. *incisa* during development. MA Thesis, Keimyung University, pp. 1-44, 2005.
- Lee SH, Kim IS: Structural features of various trichomes in *Vitex negundo* during development. *Korean J Electron Microscopy* 36 : 35-45, 2006.
- Mallavarapu GR, Ramesh S, Kaul PN, Bhattacharya AK, Rao BR: Composition of the essential oil of the leaves of *Vitex negundo*. *Planta Med* 60 : 583-584, 1994.
- Mauseth JD: Botany: An Introduction to Plant Biology. 4th ed. Jones and Bartlett Publishers, London, pp. 103, 127-129, 2008.
- Osborn AE, Lanzotti V: Plant-derived Natural Products: Synthesis, Function, and Application, Springer, New York, pp. 3, 36-38, 2009.
- Popa F, Sipos M: Epidermal formation-trichomes. *Biharean Biologist* 3 : 27-32, 2009.
- Rana VS, Rameshwar D: Seasonal variation of the essential oil of *Vitex negundo* leaves. *Indian Forester* 129 : 607-610, 2003.
- Rudall P: Anatomy of Flowering Plants: An Introduction to Structure and Development. 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 45-53, 1997.
- Santos TC, Schripsema J, Monache FD, Leiao SG: Iridoids from *Vitex cymosa*. *J Braz Chem Soc* 12 : 763-766, 2001.
- Sarikurkcü C, Arisoy K, Tepe B, Cakir A, Abali G, Mete E: Studies on the antioxidant activity of essential oil and different solvent extracts of *Vitex agnus castus* L. fruits from Turkey. *Food Chem Toxicol* 47 : 2479-2483, 2009.
- Sathiamoorthy B, Gupta P, Kumar M, Chaturvedi AK, Shukla PK, Maurya R: New antifungal flavonoid glycoside from *Vitex negundo*. *Bioorg Med Chem Lett* 17 : 239-242, 2007.
- Serrato-Valenti G, Bisio A, Cornara L, Ciarallo G: Structural and histochemical investigation of the glandular trichomes of *Salvia aurea* L. leaves, and chemical analysis of the essential oil. *Ann Bot* 79 : 329-336, 1997.
- Son JH: A study on effect of allelopathy of *Vitex negundo* var. *incisa* leaf extracts. Graduate School of Chonbuk National University, pp. 1-29, 1999.
- Telang RS, Chatterjee S, Varshneya C: Study on analgesic and anti-inflammatory activities of *Vitex negundo* Linn. *Indian J Pharmacol* 31 : 363-366, 1999.
- Werker E: Trichome diversity and development. In: Hallahan DL, Gray JC, Callow JA, eds, *Advances in Botanical Research: Plant Trichome*, pp. 1-35, Academic Press, San Diego, 2000.

< 국문 초록 >

특정 성분 방출에 중요한 기능을 수행하는 것으로 추정되는 즙목형(*Vitex negundo*) 엽육 표피조직의 분비모 유형에 대한 구조적 발달양상을 전자현미경적으로 연구하였다. 엽육 표피에 발달하는 두 유형의 분비모는 peltate형(peltate glandular type, PT)과 capitate형(capitate glandular type, CT)으로 크기 및 밀도, 분비강 형성 등의 구조적 특성이 생장단계에 따라 상이하게 나타났다. 어린잎 상피에는 이미 분화된 PT형 분비모가 밀생하여 생장 초기에서부터 뚜렷한 형태구조적 차이를 나타내었다. 이 시기의 하피는 비분비성 단순모에 피복되어 전혀 외부로 노출되지 않는다. 엽신의 발달로 표피조직이 신장되면 PT 및 CT 분비모들은 성숙한 상피 및 하피조직에서 비교적 낮은 밀도로 발달하는 특성을 보이며 분화하였다.

PT형 분비모는 6~8개의 분비세포(ca. 35~40 µm)와 하나의 병세포(ca. 5 µm)로 구성되어 있으나, CT형 분비모는 4개의 분비세포(ca. 10~15 µm)와 1~2개의 병세포(ca. 10 µm)로 이루어져 있다. 분비세포 내에는 분비강이 형성되나 크기, 구조 및 형성 과정은 유형에 따라 매우 다르게 진행되었다. 분화초기 PT형 분비세포 외부 세포벽으로부터 분리된 층이 빠르게 팽창하면서 분비강이 형성되고, 분비강 내에는 수많은 분비소낭들이 분비물질을 축적하며 저장되었다. 이들 구획은 팽창된 분비강을 가득 채우며 생성되는 물질을 축적한 후 누출형 분비를 통해 방향성분 및 물질을 외부로 방출하였다. 반면, CT형 분비세포 내에는 분비소낭 생성 없이 비교적 작은 분비강만 형성되었다. 이와 같이 즙목형의 특정성분 방출 기작에서는 PT형 분비모가 CT형 분비모에 비해 더 중요한 기능을 수행하는 것으로 추정되었다.

FIGURE LEGENDS

- Fig. 1.** Unfolded immature leaf surface showing densely packed trichomes (asterisks) in the upper epidermis (U).
- Fig. 2.** Close up of Fig. 1 showing numerous peltate glandular trichomes (arrowheads).
- Fig. 3.** Upper epidermis (U) of the mature leaf having glandular trichomes throughout the surface.
- Fig. 4.** Folded immature leaf surface covered with layers of simple non-glandular trichomes in the lower epidermis (L).
- Fig. 5.** Close up of Fig. 4 showing layers of non-glandular trichomes.
- Fig. 6.** Lower epidermis (L) of the mature leaf with scattered trichomes.
- Fig. 7.** Two-celled peltate trichome. Top view. H, head cell.
- Fig. 8.** Fully grown peltate trichome with numerous secretory vesicles within secretory cavity (SC). Note darkly-stained cell wall surrounding the two head cells (H). Bar=5.0 μm .
- Fig. 9.** Four-celled peltate trichome. Top view. H, head cell.
- Fig. 10.** A shrunken secretory cavity of the peltate trichome. H, head cell.
- Fig. 11.** Transverse section of young leaf exhibiting peltate and capitate trichomes (arrows). Bar=30 μm . Inset: Two capitate trichomes in early development. Bar=8.0 μm .
- Fig. 12.** A capitate trichome with head cells (H) and stalk cell (arrow) below.
- Fig. 13.** A capitate trichome initiating secretion. H, head cell.
- Fig. 14.** Completely shrunken head cells (H) of the capitate trichome.
- Fig. 15.** Two head cells (H) of the capitate trichome exhibiting dense cytoplasm. Note the absence of vesicles within narrow secretory cavity (asterisk). S, stalk cell. Bar=2.5 μm .



