한국산 겨우살이(*Viscum album var. coloratum*)의 해부학적 특성*¹

권 성 민*² · 장 재 혁*³ · 김 철 우*³ · 김 광 모*² · 이 재 선*³ · 김 남 훈*^{3†}

Anatomical Characteristics of Korean Mistletoe (*Viscum album var. coloratum*)*¹

Sung-Min Kwon*² · Jae-Hyuk Jang*³ · Chul-Woo Kim*³ · Kwang-Mo Kim*² ·
Jae-Seon Yi*³ · Nam-Hun Kim*^{3†}

요 약

국내산 겨우살이의 해부학적 특성을 구명하기 위해 광학현미경과 주사전자현미경을 이용하여 겨우살이 및 기주목인 신갈나무의 목재 조직구조를 관찰하였다. 겨우살이가 착생된 부분의 가지는 직경이 그렇지 않은 부분보다 더 컸다. 겨우살이 사부는 인피섬유와 유세포로 그리고 목부는 후벽 목섬유, 방사유세포, 축방향유세포 및 도관상가도관으로 구성되어 있다. 겨우살이 방사조직의 경우 일반적인 목재 수종에 비해 방사유세포가 차지하는 비율이 매우 높고 평벽세포, 직립세포 및 방형세포 모두로 이루어져 있는 이형방사조직인 것으로 밝혀졌다. 겨우살이의 도관상가도관 세포벽 내강표면에 나선비후 그리고 세포벽에 유연벽공이 발달되어 있다. 겨우살이 흡기의 삽입에 따라 숙주 도관의 형태가 일부 변형되어 있으나 도관 내 타일로시스는 관찰되지 않았다. 겨우살이 흡기의 끝 부분 형태는 비교적 뾰족하게 나타났고 흡기 삽입에 따른 기주목 세포 자체의 파괴는 관찰되지 않았다.

ABSTRACT

This study was carried out to understand the anatomical characteristics of Korean mistletoe (*Viscum album var. coloratum*) and host tree of Mongolian oak (*Quercus mongolica*) by the aid

*¹ 접수 2012년 1월 31일, 채택 2012년 7월 23일

*² 국립산림과학원 임산공학부, Department of Forest Products, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

*³ 강원대학교 산림환경과학대학, College of Forest & Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

† 교신저자(corresponding author) : 김남훈(e-mail: kimnh@kangwon.ac.kr)

of light and scanning electron microscopy. The branch diameter of host tree at the parasitic part by mistletoe is larger than that of non-parasitic part. In the mistletoe, phloem consists of bast fiber and parenchyma cell and xylem is composed of fiber, ray and axial parenchyma cell, and vascular tracheid. The volume of ray parenchyma cell is higher than common wood species and is heterocellular made up of procumbent, upright, and square cells in the mistletoe. In the vascular tracheid of mistletoe, coarse spiral thickenings and bordered pit are present. Due to the insertion of the mistletoe haustorium, some deformed vessels but no tylosis are observed in the mistletoe. The shapes of mistletoe haustorium are sharp, and the destruction of the host tree cells due to the insertion of the mistletoe haustorium are not identified.

Keywords: mistletoe, light micrography, scanning electron microscopy, bast fiber, cortex parenchyma cell, fiber, ray and axial parenchyma cell, vascular tracheid

1. 서 론

겨우살이(mistletoe)는 꼬리겨우살이과(Loranthaceae)에 속하는 다년생 기생식물로, 기주식물(host plant)의 가지에 붙어사는 속씨식물이며 전 세계적으로 4과 89속 1,300여 종이 분포하는 것으로 알려져 있다(Nickrent, 2002). 기생식물이란 기주식물 조직에 살아있는 흡기(haustorium)를 발달시켜 이를 통해 물과 영양분을 흡수하는 식물을 일컫는데(Mathiasen *et al.*, 2008; Calvin and Wilson, 2006; Calladine and Pate, 2000), 겨우살이의 경우 기주식물로부터 흡기를 통해 물과 영양분을 흡수함과 동시에 자체적인 광합성 능력을 지니고 있어 반기생성식물(hemiparasite)로 분류된다(Kuo *et al.*, 1989).

우리나라에 분포하는 겨우살이의 종류는 참나무속, 자작나무, 밤나무와 같은 낙엽활엽수를 기주목으로 하는 겨우살이(*Viscum album* var. *coloratum* (Kom.) Ohwi), 꼬리겨우살이(*Loranthus tanakae* Franch. & Sav.), 참나무겨우살이(*Taxillus yadoriki* (Siebold ex Maxim.) Danser), 붉은겨우살이(*Viscum album* f. *rubroauranticum* (Makino) Ohwi), 동백나무겨우살이(*Korthalsella japonica* (Thunb.) Engl.)가 있다(국가표준식물목록위원회, 2007). 국내산 겨우살이는 유럽산과는 종이 다른 겨우살이로 유럽산 겨우살이보다 다양한 생리활성을 지니고 성분과 효능에 있어 우수성이 있는 것으로 보고되고 있으며

(정, 2000), 이러한 국내산 겨우살이의 주요성분으로는 탄수화물, 단백질, lectin, alkaloid, viscotoxin, viscine 등이 알려져 있다(황 등, 2003; Choi and Ahn, 1997).

국내산 겨우살이에 대한 연구는 주로 항암 작용(박 등, 2000; 황 등, 2003), 혈압저하 작용(김한수, 2006), 면역증강제와 백신개발(허 등, 2011) 항당뇨 효과(장과 노, 2000) 및 항산화 효과(장 등, 2010; 송 등, 2004)가 보고되고 있다.

이상과 같이 국내산 겨우살이에 관하여 보고된 연구들은 주로 약리적 효과에 대한 결과로서 겨우살이의 조직특성에 관한 연구는 극소수만 보고되고 있다(이와 박, 2009; 박 등, 2003). 따라서 본 연구에서는 국내산 겨우살이의 해부학적 특성을 구명하기 위해 광학현미경과 주사전자현미경을 이용하여 겨우살이 및 기주목의 조직구조를 관찰하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

본 실험에 사용된 국내산 겨우살이(*Viscum album* var. *coloratum* (Kom.) Ohwi)는 강원도 춘천시 동산면 봉명리 강원대학교 학술림에서 자생한 6년생 겨우살이이다. 기주목은 신갈나무(*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.)로서 기주목의 약 8 m 부분에 착생

Fig. 1. Sample preparation for scanning electron microscopy of host plant and mistletoe.

Fig. 2. Macroscopic features of mistletoe (A) and cross surface of host tree (B).

하여 성장하는 겨우살이를 채취하였다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 광학현미경 관찰

겨우살이 줄기의 마디로부터 1 cm 정도의 길이로 채취한 후 10%의 포르말린에 2~3일간 침지, 고정하였다. 그 후 sliding microtome으로 두께 10~15 μm 의 3단면 절편을 제작하였다. 절편은 1% safranin 용액으로 염색하고 alcohol series로 탈수, Canada balsam으로 봉입 후 관찰용 슬라이드를 제작하고 광학현미경(Nikon, E600)으로 관찰하였다.

2.2.2. 주사전자현미경 관찰

Sliding microtome으로 겨우살이 줄기의 3단면(방사방향 : 접선방향 : 축방향 = 10 × 10 × 10 mm) 시

편을 제작하고 약 100 Å의 두께로 Au 증착(Cressington, Sputter Coater 108)한 다음 주사전자현미경(Jeol, JSM-5510)으로 15~20 kV의 가속전압 하에서 해부학적 특성을 관찰하였다. 또한 기주목 및 겨우살이의 경계부를 관찰하기 위해 Fig. 1과 같은 형태로 시료를 제작하여 기주목의 3단면의 겨우살이 구조를 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 겨우살이의 육안적 특성

Fig. 2는 겨우살이가 착생된 부분의 신갈나무 외관(A)과 기주목의 수심부까지 홈기를 내린 신갈나무 횡단면(B)을 보여주고 있다. 겨우살이가 착생된 부분의 신갈나무 가지는 25년생으로 겨우살이의 착생

Fig. 3. Light micrographs of mistletoe in cross (A~C), radial (D), and tangential (E) surfaces.

으로 인해 가지의 직경이 그렇지 않은 부분보다 큰 것이 관찰되었다(Fig. 2A). 이러한 현상은 기주목에 부착된 겨우살이 종자가 기주목의 형성중 부위에서 왕성한 세포분열을 하여 endophyte가 다시 여러 갈래로 분지하여 성장하기 때문에 endophytic system을 형성한 결과로 생각된다(Sallé, 1978). 또한 여러

갈래로 분지한 endophyte는 하나의 줄기로 성장하거나 개개로 수피 속에서 성장해 오다가 일정한 시기가 되면 수피 외부로 나와 줄기로 성장하는 방법을 통해(이와 박, 2009) 기주목을 고사시키지 않고 공생하는 것으로 생각된다.

Fig. 4. Scanning electron micrographs of mistletoe in cross (A~C), radial (D), and tangential (E) surfaces. *w : warty layer, b : bordered pit, s : spiral thickening

Fig. 5. Scanning electron micrographs of the host tree and mistletoe in cross (A), radial (B), and tangential (C) surfaces. *arrow heads : boundary between host tree and mistletoe

3.2. 겨우살이의 해부학적 특성 관찰

겨우살이 줄기의 3단면을 광학현미경(Fig. 3) 및 주사전자현미경(Fig. 4)을 이용하여 관찰하였다. 겨우살이 사부의 주요 구성세포는 후벽의 인피섬유(Fig. 3B, Fig. 4A)와 표면에 돌기물이 관찰되는 박벽의 유세포(Fig. 3B, Fig. 4B)로 그리고 목부의 겨우 줄기를 지지하는 후벽 목섬유, 양분의 저장 및 이동에 관여하는 방사유세포 및 축방향유세포, 수분통도에 관여하는 도관상가도관으로 구성되어 있었다(Fig. 3C, Fig. 4C). 접선단면을 보면 일반적인 목재 수종에 비해 방사유세포가 차지하는 비율이 매우 높은 것으로 나타났다(Fig. 3E). 이러한 이유는 겨우살이가 다년생 기생식물로서 기주목으로부터 공급받은 양분을 보다 용이하게 이동 및 저장하기 위한 것으로 여겨졌다. 방사단면에서 방사조직은 평벽세포, 직립세포 및 방형세포로 이루어진 이성방사조직을 나타냈다(Fig. 3D). 도관상가도관을 보면 세포벽의 내강 표면에 나선상의 비후가 관찰되었으며, 세포벽에 유연벽공이 관찰되었다(Fig. 4D, E).

국내산 겨우살이는 상록성 활엽수로 보고되고 있으나 앞서 보고된 것(이와 박, 2009)과 같이 본 실험에 사용된 국내산 겨우살이에서는 도관요소가 관찰되지 않았다. 그러나 위와 같이 도관요소가 나타나지 않는 것은 모든 국내산 겨우살이 5종 모두에 해당되는 것으로 생각되며 앞으로 더욱 깊은 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다. Ashworth and Dos Santos(1997)는 캘리포니아산 겨우살이 4수종(*Phoradendron californicum*, *P. macrophyllum*, *P. pauciflorum*, *P. villosum*)의 해부학적 특성을 조사하여 도관요소, 후벽 목섬유, 방사조직으로 구성되어 있으며, 5~7개의 도관요소가 방사방향으로 배열되어 있는 산공재의 형태가 나타남을 보고하여 국내산 겨우살이와 다소 다른 형태를 보여주었다.

3.3. 기주목 및 겨우살이의 경계 관찰

기주목인 신갈나무 목재의 횡단면을 보면 대형 관공이 1~2열로 배열되어 있는 환공재로 연륜이 명확

하며 목섬유, 축방향유세포 및 방사유세포가 관찰되었다(Fig. 5A). 겨우살이 흡기의 삽입에 따른 기주목 변재부의 도관 내 타일로시스는 관찰되지 않았으나 도관의 형태가 일부 변형된 것이 관찰되었다. 반기생성식물인 겨우살이는 스스로 수분을 흡수할 수 있는 조직이 없어 기주식물의 도관을 통해 수분을 공급받아야 한다. 따라서 기주식물의 도관에 타일로시스가 많이 발달하면 겨우살이의 생장에 필요한 수분공급이 제한될 것으로 사료된다.

기주목의 방사단면을 보면 겨우살이 흡기의 끝 부분이 비교적 뾰족함을 알 수 있었다(Fig. 5B). 최 등(2009)은 참나무겨우살이와 동백나무겨우살이의 기주별 흡기의 해부학적 구조를 관찰하여 목부를 따라 막대형, 췌기형, 끝이 뾰족하거나 뾰족한 포켓 모양의 흡기구조가 나타남을 보여주어 기주식물에 따라 흡기의 위치 및 형태가 다름을 시사하였다.

심재화가 진행된 기주목의 접선단면과 인접한 겨우살이를 보면(Fig. 5C), 기주목의 도관 내에 타일로시스가 관찰되었다. 그러나 이것은 겨우살이 흡기 삽입에 의해 발생된 것이 아닌 심재화의 진행으로 도관에 인접하고 있는 방사유세포 내벽의 팽압에 벽공벽이 파괴되어 도관 내에 스며들어서 형성된 것으로 사료된다. 또한 겨우살이 흡기의 삽입에 따라 기주목의 광방사조직 및 목섬유의 배열이 흩어지는 모습을 보이고는 있으나 기주목 세포 자체의 파괴는 관찰되지 않았다.

이상의 기주목의 3단면에 따른 겨우살이 세포 형태를 보면 인접한 기주목과 겨우살이 경계의 세포조직은 혼재하지 않고 비교적 명확하게 구분되었으며, 수분의 공급은 기주목의 도관을 통해 겨우살이의 도관상가도관이, 양분의 공급은 기주목의 축방향 및 방사방향유세포를 통해 겨우살이의 축방향 및 방사방향유세포 집합을 통해 공급받는 것으로 생각된다.

4. 결 론

국내산 겨우살이 조직의 육안적 및 현미경적 특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

1) 육안으로 겨우살이가 착생된 부분을 관찰한 결과 겨우살이가 착생된 부분의 가지는 직경이 그렇지

않은 부분보다 endophytic system의 형성으로 비대해진 것이 관찰되었다.

2) 광학현미경으로 관찰한 결과 겨우살이 사부는 인피섬유, 피층유세포로 구성되어 있었으며, 목부는 후벽 목섬유, 방사유세포 측방향유세포 및 도관상가도관으로 구성되어 있다. 겨우살이 목부는 일반적인 목재 수종에 비해 방사유세포가 차지하는 비율이 매우 높고 평벽세포, 직립세포 및 방형세포 모두로 이루어져 있는 이형방사조직인 것으로 밝혀졌다.

3) 주사전자현미경으로 관찰한 결과 도관상가도관의 세포벽 내강표면에 나선상 비후가 관찰되었으며, 유연벽공이 관찰되었다. 겨우살이 흡기의 삼입에 따라 기주목의 도관의 형태가 일부 변형된 것이 관찰되었으나 도관내 타일로시스는 관찰되지 않았다. 겨우살이 흡기의 끝 부분 형태는 비교적 뾰족하게 나타났고 흡기 삼입에 따른 기주목 세포 자체의 파괴는 관찰되지 않았다. 기주목의 3단면에 따른 겨우살이 세포 형태는 인접한 기주목과 겨우살이 경계의 세포조직이 혼재하지 않고 비교적 명확하게 구분되었다.

참 고 문 헌

1. 국가표준식물목록위원회. 2007. 국가표준식물목록.
2. 김한수. 2006. 한국산 겨우살이 열수추출액이 본태성 고혈압쥐의 지질성분 및 혈압 저하에 미치는 영향. 생약학회지 37(3): 169~176.
3. 박종흠, 지승택, 현창기, 진구복, 신현길. 2000. Comet assay에 의한 한국산 겨우살이(*Viscum album coloratum*)의 항유전독성 규명. 한국식품과학회지 32(2): 461~468.
4. 박충현, 박준근, 방경환, 박희운, 성낙술. 2003. 한국산 겨우살이의 생장과 조직해부학적 특성. 한국약용작물학회지 11(2): 122~126.
5. 송희순, 박연희, 김승균, 문원국, 김동우, 문기영. 2004. 겨우살이(*Viscum album*)와 칩뿌리(*Pueraria radix*) 추출물의 NF-κB활성 억제 및 항산화. 한국식품영양과학회지 33(10): 1594~1600.
6. 이보덕, 박병수. 2009. 한국산 겨우살이 수간의 조직특성. 한국자원식물학회지 22(4): 287~292.
7. 장철수, 노광수. 2000. 겨우살이 Lectin의 항당뇨 효과. 대한의생명과학회지 6(2): 151~157.
8. 장태오, 유양훈, 황용철, 김현구, 우현철. 2010. 초임계 이산화탄소를 이용한 겨우살이(Mistletoe, *Viscum album*)

추출물의 폴리페놀 함량 및 항산화 활성. 한국식품영양과학회지 39(1): 20~24.

9. 정보연. 2000. 한국 및 유럽산겨우살이의 생리활성 성분에 관한 연구. 석사학위논문. 서울여자대학교.
10. 최경, 박광우, 김혁진, 이재동, 구자춘, 황성수. 2009. 한국산 겨우살이과 식물의 형태와 기주별 흡기 특징. 식물분류학회지 39(1): 4~11.
11. 허선미, 안효선, 김규대, 김영훈, 김인보, 윤택준, 김중배. 2011. 한국산 겨우살이 Lectin B-chain의 면역증강 효과. 생약학회지 42(3): 246~252.
12. 황석연, 양은영, 여정훈, 진지영, 김현성, 박원봉, 서정진. 2003. Lectin으로 강화한 한국산 겨우살이 추출물의 *in vitro* 및 *in vivo*에서의 피부암에 대한 항암효과. 생약학회지 34(3): 218~222.
13. Ashworth, V. E. T. M., and G. Dos Santos. 1997. Wood anatomy of for Californian mistletoe species (*Phoradendron*, Viscaceae). IAWA Journal 18(3): 229~245.
14. Calladine, A. and J. S. Pate. 2000. Haustorial structure and functioning of the root hemiparasitic tree *Nuytsia floribunda* (Labill.) R.Br. and water relationships with its hosts. Annals of Botany 85: 723~731.
15. Calvin, C. L. and C. A. Wilson. 2006. Comparative morphology of epicortical roots in Old and New World Loranthaceae with reference to root types, origin, patterns of longitudinal extension and potential for clonal growth. Flora 201: 51~64.
15. Choi, J. W. and W. Y. Ahn. 1997. Structural analysis of water soluble lignin-carbohydrate complex (LCC) isolated from Korean camellia mistletoe (*Pseudixis japonicus* Hayata). Mokchae Konghak 25(3): 1~7.
16. Kuo, J., J. S. Pate, and N. J. Davidson. 1989. Ultrastructure of the haustoria interface and apoplastic continuum between host and root hemiparasite *Oxalophyllanthi* (Labill.) R. Br. (Olacaceae). Proto-plasma 150: 27~39.
17. Mathiasen, R. L., D. L. Nickrent, D. C. Shaw, and D. M. Watson. 2008. Mistletoes: Pathology, systematics, ecology, and management. Plant Disease 92(7): 988~1006.
18. Nickrent, D. L. 2002. Parasitic plants of the world. In parasitic plants of the Iberian Peninsula and Balearic Islands. López-Sáez, J. A., P. Catalán and L. Sáez (eds), Mundi-Prensa, Madrid. PP: 7~27.
19. Sallé, G. 1978. Origin and early growth of the sinks of *Viscum album* L. Protoplasma 96: 267~273.