

포플라류의 결정에 관한 연구( I )  
황철나무와 양황철나무의 목부 및 수피층의 결정\*1

이 기 영\*2 · 김 재 경\*2 · 김 남 훈\*3 · 박 완 근\*3

Study on the Crystals in the *Populus* spp.( I )  
Crystals in the Woods and Barks of *Populus maximowiczii*  
and *Populus nigra* × *maximowiczii*

Kee-Young Lee\*2 · Jae-Kyung Kim\*2 · Nam-Hun Kim\*3 · Wan-Geun Park\*3

ABSTRACT

Crystals in the woods and barks of *Populus maximowiczii* and *Populus nigra* × *maximowiczii* were examined by light microscopy, scanning electron microscopy and soft X-ray. *Populus* examined had the wetwood and the heartwood of *Populus* showed higher moisture content than in adjacent sapwood. The crystals can be detected clearly by the soft X-ray due to their higher densities than the wood.

Crystals in xylem wood of *Populus* were found mainly at heartwood. However, they were concentrated in specific areas such as in color-stained area or along the specific annual rings. Crystals showed the highest occurrence around the pith. Within a growth ring the amount of crystals in earlywood was more abundant than in latewood. Crystals were observed mainly at vessels and fibers although they occurred at all kinds of cells in heartwood. Crystals in the bark were scattered evenly both in inner bark and in outer bark.

*Populus nigra* × *maximowiczii* showed higher frequency of leaf knots than *Populus maximowiczii*.

**Keywords** : *Populus maximowiczii*, *Populus nigra* × *maximowiczii*, crystal, wetwood, bark, leaf knot

- 요약 -

황철나무와 양황철나무는 전형적인 다습심재(wetwood)로써, 심재 전체가 변재보다 높은 함유율을 나타냈다. 황철나무와 양황철나무의 목부층에 존재하는 결정은 주로 심재층에서도 일부연륜을 따라 또는 착색얼룩을 따라 또는 국소에 집중하여, 수에 가까울수록 많았다. 또한 1연륜 내에서는 만재보다 조재에 많은 경향이 있었다. 심재에서의 결정은 전종류의 세포에 존재하였으나, 대부분의 결정은 도관과 섬유상가도관에 존재하였다. 수피층에 있는 결정은 내수피에서 외수피까지 비교적 산재하여 존재했다. 양황철나무에서는 잎옹이의 출현빈도가 높았으나 황철나무에서는 그 출현 빈도가 낮았다.

\*1 접수 1999년 8월 30일. Received August. 30. 1999.

\*2 진주산업대학교 임산공학과 Chinju National University, Chinju 660-758, Korea

\*3 강원대학교 산림과학대학 College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701

## 1. 서 론

황철나무(*Populus maximowiczii*)와 양황철나무(*Populus nigra* × *maximowiczii*)는 버드나무과 사시나무속의 수종으로 外形은 통직하면서 大徑의 원목으로까지 자랄 수 있는 良材로써 가볍고 연한 재질을 지니지만, 가공시 공구 칼날의 마모가 심하므로 이용상 난점을 갖는 수종이다. 특히 로타리 절삭시 발생하는 칼날 손상은 재중에 포함된 광물질 즉, 결정이 원인이 되는 것으로 여겨지고 있다.

목재중에 존재하는 결정의 출현 및 성분분석에 대해서는 많은 보고가 있다. Muhammad와 Micko(1984)는 Aspen (*Populus tremuloides*)의 연구에서 *Fomes igniarus* 부후된 부분에 수산칼슘 결정이 존재하였다고 보고하였다. Scurfield 등(1973)은 미루나무(*Populus deltoides*)와 *Polythia* sp. 재중의 탄산칼슘과 그 외의 재중(열대재를 포함)에 존재하는 수산칼슘 등에 대하여, Wattendorff(1978)는 *Acacia senegal*의 목부 및 사부에 존재하는 수산칼슘의 결정에 대하여 보고하였다. 李 등(1985)이 일본산 황철나무의 목부 및 수피에 존재하는 결정의 형태와 성분에 관하여 보고하였고, 그 후 국내에서는 한국산 양황철나무의 결정성물질 · 타일로스스 · 용력제의 분포에 대해서도 보고한 바 있다(李 등, 1991).

사시나무속에는 재래종 황철나무, 사시나무 등이 있지만, 외래수종도 도입되고 있고, 또한 인공교잡종도 있다. 이 수종들은 속성수종으로서 국내 목재자원의 중요한 공급원으로 기대되고 있지만, 위에서 언급한 바와 같이 재중에 광물질 과 잉용이 출현 등으로 이용상의 단점을 가지고 있어 효율적인 이용이 이루어지고 있지 않는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 황철나무와 양황철나무재의 효율적인 이용기술을 개발하기 위한 기초자료를 얻기

위하여 목부 및 수피중의 결정의 출현, 분포, 형태, 크기 등에 관하여 검토하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시목

본 연구에 사용된 공시목의 형상은 Table 1 과 같다.

황철나무는 강원도 오대산에서 자생한 16년생 입목을 1997년 12월에, 양황철나무는 수원 임업연구원 임목육종부 포지에 조립한 13년생 입목을 1998년 1월에 각각 1본씩 벌채하였다.

### 2.2 육안적 관찰 및 연X선 透視

각 공시목의 흉고부위(地上高 1.3m)에서 5mm 두께의 횡단면 원판 및 5cm(가로) × 10cm(세로) × 5mm(두께)의 방사단면, 접선단면의 시료를 凍結상태에서 제작했다. 이 시료들은 육안 및 실체현미경의 관찰 등에도 사용했다. 연X선 촬영은 생체 및 기건상태에서 실시하였으며, 촬영조건은 X선원에서 시료까지의 거리 50cm, 관전압 15kV, 관전류 3mA, 조사시간 30sec. ~ 2min. 이었다.

### 2.3 광학현미경 및 편광현미경 관찰

각 공시목의 흉고부위에서 원판을 채취하여, 수(pith)에서 수피까지 횡단면, 방사단면, 접선단면 관찰용 시료를 채취하였다. 공시목의 벌채 직후, 즉시 인산 완충액으로 만든 3%의 글루타알데하이드에 고정하고 1번 1~3mm의 블록을 채취하여, 인산완충액으로 세척하였다. 그 후 알콜 시리즈로 탈수하고 에폭시 수지로 포매하였다. 유리칼을 장착한 울트라 마이크 로톰(RMC Mode 1)으로 두께 2 $\mu$ m의 박절편을 제작

Table 1. Description of sample trees

Species	Origin	D.B.H.* (cm)	D.H.** (cm)	Height (m)	Age (year)	Moisture content (%)	
						Sapwood	Heartwood
<i>Populus maximowiczii</i>	Odesan	12	6	8	16	105	184
<i>P. nigra</i> × <i>maximowiczii</i>	Suwon	14	9	12	13	115	211

D.B.H.\* : Diameter at breast height.

D.H.\*\* : Diameter of heartwood at breast height.

## 포플라류의 결정에 관한 연구(I) 황철나무와 양황철나무의 목부 및 수피층의 결정

하여 사프라닌으로 염색후 관찰하였다.

육안으로도 결정물질이 관찰되는 시료는 마이크로 톱으로 절편 제작 시 칼날의 마모는 물론 결정과의 접촉에 의한 소음이 발생하였다. 그러나 시료를 고정하지 않은 두께 20 $\mu$ m의 광학현미경용 절편은 프레파라트 제작 중 세척, 탈수 등의 과정에서 결정이 소실되어 잘 관찰되지 않았다.

### 2.4 주사전자현미경(SEM) 관찰

각 공시목의 흉고부위에서 원판을 채취하여 수에서 수피까지 방사단면, 접선단면, 횡단면 관찰용 블록 시료를 채취하였다. 시료는 목적에 따라 1) 실내건조, 2) 세척 후 알콜에 의한 탈수, 임계점 건조, 3) 탄소와 금의 2중 증착을 실시하였다. 관찰은 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope ; DSM-940 A)에 의해 가속전압 10~15kV에서 실시하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 목부 및 수피층에서의 결정의 출현 및 분포

#### 3.1.1 연X선에 의한 관찰

공시목의 생재함수율은 Table 1에 나타난 것과 같이 황철나무 변재 105%, 심재 184%, 양황철나무 변재 115%, 심재 211%로서 두 수종 모두 변재보다 심재전체의 함수율이 높은 전형적인 다습심재를 가지고 있었다. Fig. 1과 Fig. 2는 황철나무 및 양황철나무의 생재 및 기건재의 단면별 연X선 사진이다. 생

재의 연X선사진의 농도는 목재중의 함유수분의 상태에 따른 목재의 밀도 차 때문에 부위에 따라 다르게 나타난다. 즉, 생재에서는 함수율이 높은 심재는 짙고 함수율이 낮은 변재는 얇게 나타나 구별이 쉽지만(Fig. 1a) 기건재는 심변재의 구별이 뚜렷하지 않다(Fig. 1b).

황철나무 및 양황철나무의 연X선 사진에서 결정은 단면에 따라 횡단면에서 검은 점으로 그리고 종단면에서 가는 선으로 나타난다. 공시목의 원판에서 어느 지상고에도 변재부에는 검은 점이 존재하지 않고, 심

Fig. 1. Soft X-ray figures of 5mm-thick cross-sectional disc at breast height of *Populus nigra* × *maximowiczii*. (a : Green wood, b : Air dried wood). ×0.15.

Fig. 2. Soft X-ray figures of 5mm-thick cross (a) and radial (b) section of heartwood of *Populus maximowiczii*. ×0.4.

재부중에는 동심원상으로 존재하거나 착색 얼룩을 따라 수에 가까울수록 많이 출현하는 경향이 있었다. 또한 한 연륜중에서는 조재보다 만재에 많은 경향이 있었다(Fig. 1b 와 Fig. 2a). 종단면에서 관찰되는 가는 선은 수 mm 에서 수 cm 이상의 길이로 나타났다(Fig. 2b). 횡단면의 연X선 사진에서 링모양은 세포 내강의 표면에 분포하는 결정의 층에 유래한 것이고, 검은 점은 내강이 결정으로 완전히 충만되어 있는 것에 유래한 것이다. 또한 종단면의 연X선 사진에서 검은 선으로 보이는 것은 도관요소중에 축방향으로 결정이 많이 존재하고 있는 부분이다.

이상과 같이 연X선에 나타나는 결정은 심재중에 몰려있는 것으로 육안으로도 주의하여 관찰하면 횡단면에서는 흰 점 그리고 종단면에서는 흰 선으로 보인다.

### 3.1.2 광학 및 편광현미경에 의한 관찰

황철나무 및 양황철나무의 결정은 광학현미경으로는 확인이 어렵지만, 편광에서는 관찰이 용이하다(Fig. 3a 와 Fig. 3b). 황철나무 및 양황철나무를 편광으로 관찰한 결과 결정은 주로 도관과 섬유상가도관에서 관찰되었고, 결정이 존재하는 도관이나 섬유상가도관과 인접해 있는 방사조직의 일부에 존재하였다(Fig. 3d). 또한, 도관과 방사조직간의 벽공벽이 파괴되어 있는 것이 종종 관찰되었다(Fig. 3c).

### 3.1.3 주사전자현미경에 의한 관찰

결정은 황철나무 및 양황철나무재의 전 종류의 세포(도관, 섬유상가도관, 방사조직, 유세포 등)에 존재하였다. 육안으로 볼 수 있는 결정이나 연X선 사진에서 결정이 존재하는 것으로, 나타난 부위를 주사전자

Fig. 3. a : Crystals in the fiber tracheid of heartwood.  $\times 300$ . b : Polarized-light figure of the sample used in Fig. 3a.  $\times 300$ . c : Figure of broken pit membrane of vessel pitting of heartwood.  $\times 330$ . d : Polarized-light figure of crystals in the vessel and the ray of heartwood. Ray cells closed by vessels or fiber tracheids with crystals often contain the crystals.  $\times 90$ . (a, b : *Populus nigra*  $\times$  *maximowiczii*. c, d : *Populus maximowiczii*.)

Fig. 4. Massive crystals in a vessel element of heartwood. a : The form of the crystal could not be identified because the crystals in the vessel were damaged during sectioning by microtome knife. (a : *Populus nigra* × *maximowiczii*. b : *Populus maximowiczii*.)

Fig. 5. Druse crystals in pith parenchyma. (a : *Populus nigra* × *maximowiczii*. b : *Populus maximowiczii*.)

현미경으로 관찰한 결과 세포내강에 많은 수의 결정이 가득 충만되어 있는 것을 알 수 있었는데 주로 도관과 섬유상가도관의 내강에 존재하였다. 심재부의 결정은 세포의 내벽에 산재되어 있는것, 여러 결정이 결합되어 세포의 내벽에 하나의 층을 형성하는 것, 또는 세포의 내강을 가득 채운 것 등 다양한 형태로 존재하였다. 변재부의 결정은 저배율에서는 거의 관찰되지 않았고 부분적으로 극히 희박하게 1~수개가 존재하였다.

수의 유세포내에는 결정이 부분적으로 산재하거나 (Fig. 5a), 내강에 충만되어 있었다(Fig. 5b).

한편 심재의 일부 도관에는 전형적인 타일로스스가 존재하였고, 타일로스스가 존재하는 도관에는 결정이

거의 존재하지 않았다.

또한 방사방향으로 발달한 입응이에 결정이 부분적으로 존재하는 것도 있지만, 일반적으로 연X선 사진 (Fig. 1b)에서와 같이 결정은 잘 관찰되지 않았다. 그리고 양황철나무에서는 입응이의 출현빈도가 높았으나 황철나무에서는 그 출현 빈도가 낮았다.

수피층에 있는 결정은 내수피에서 외수피까지 산재 또는 수개가 1열로 배열하는 쇄상배열을 나타냈다 (Fig. 6a, 6b). 이와 같은 결정은 사부유세포스트랜드 또는 사부유세포에 존재했다.

### 3.2 결정의 형 및 크기

황철나무 및 양황철나무의 결정의 형과 크기는 다

Fig. 6. Styloid and druse crystals of phloem parenchyma in crystal chain. (a : *Populus maximowiczii*, b : *Populus nigra* × *maximowiczii*)

양하였다.

심재의 결정의 형은 거의 기하학적으로 부정형상을 나타냈으며 산재되어있거나 내표면에 부분 또는 전면 에 존재하거나 내강에 가득 존재하기도 하였고, 그 외에 방형, 다이아몬드형, 사정, 집정, 주정, 침정, 속 정 등으로도 존재하였다. 크기는 1 $\mu$ m이하에서 수10 $\mu$ m 로 다양하였다. 도관내에 존재하는 결정의 대부분의 결정의 형은 거의 기하학적으로 부정형상(Fig. 4b)이 나, 도관의 내강에 완전히 가득 차 있는 것은 마이크로 틈으로 자른면이 Fig. 4a와 같이 평면으로 잘리므 로 개개의 결정의 형 즉, 결정의 표면은 보이지 않았다.

변재에서는 결정이 약 수  $\mu$ m에서 수 10 $\mu$ m의 부정 형상으로서 1개 또는 수개가 뭉쳐 있었으며, 집정 및 주정도 존재하였으나 이들 결정의 출현빈도는 매우 낮았다. 연X선 사진에 나타나는 결정은 세포내강에 많이 존재하는 것으로 이와 같이 1개 또는 수개가 존 재하는 결정은 연X선 사진에는 나타나지 않았다.

사부중의 결정은 다이아몬드형, 방형(Fig. 6b), 및 집정(Fig. 6a)으로, 크기는 10~30 $\mu$ m정도였다.

본 연구에서 발견된 결정의 성분에 관해서는 추 후 연구할 계획이다.

황철나무의 심재에 존재하는 기하학적으로 부정형 상인 결정 및 사정등의 주성분은 탄산칼슘이고, 변재, 수의 유세포 사부 등에 존재하는 집정, 방형 등의 주 성분은 수산칼슘 이라고 보고(李 등 1985 와 李 등 1991)하였다. 그리고 포플라류의 재중에 존재하는 Ca 은 탄산칼슘( $CaCO_3$ )이라는 보고(Clement and Janin, 1973 ; Janin and Clement, 1972)와 수산칼슘

( $CaC_2O_4$ )이라는 보고(Scurfield et al., 1973)가 있다.

Janin and Clement (1972)는 포플라류의 결정은 탄산칼슘이고 이것은 정상의 생리화학적 과정에서 생 기는 것으로써 비정상적인 현상은 아니라고 보고했 다.

연X선 사진에서 보면 황철나무 및 양황철나무의 심재중에 존재하는 결정은 동심원상의 착색 얼룩에 존재하는 것으로 보아, 이것은 심재화 과정중 어떤 시기에 일제히 생성되는 것으로 추측된다.

생활기능을 갖고있는 세포에 형성되는 결정은 주로 수산칼슘인데, 결정세포 또는 이형세포에 존재하는 결정은 유세포가 살아있는 동안에 무엇인가의 기구 (mechanism)에 의해 수산칼슘 결정이 생성된 것으 로 추정되고 있다.

## 4. 결 론

황철나무 및 양황철나무의 목부와 수피에 존재하는 결정에 관하여 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 결정은 변재부에는 거의 존재하지 않았고, 심재 에서는 접선상의 착색 얼룩부분과 수심에 가까운 부 분에 많이 존재하였다.
- 2) 결정은 연륜내에서 만재보다 조재에 많은 경향 이 있었다.
- 3) 심재에서 결정은 전 종류의 세포에 존재하였고, 대부분의 결정은 도관과 섬유상도관 에 존재하였 다.
- 4) 수피중의 결정은 내수피에서 외수피까지 산재하

여 존재하였다.

상기의 결과 이외에 두 수종의 심재는 함수율이 높은 다습심재였으며, 양황철나무에서는 잎옹이의 출현 빈도가 높았으나 황철나무에서는 그 출현빈도가 낮은 특징이 있었다.

## 참 고 문 헌

1. Clement, A. et G. Janin. 1973. Etude complementaire de la presence de cristaux de carbonat de calcium dans le bois des peupliers existence de cinq zones fonctionnelles reernnues a partir de leurs teneurs en phosphore. Ann. Sci. Forest., 30(1): 63~81.
2. Janin, G. et A. Clement. 1972. Mise en evidence de cristaux de carbonate de calcium dans le bois des peupliers. Consequences sur la repartition des ions mineraux liee a la duraminisation. Ann. Sci. Forest., 29(1): 67~105.
3. Muhammad, A. F. and M.M. Micko. 1984. Accumulation of calcium crystal in the decayed wood of aspen attacked by *Fomes igniarius*. IAWA Bulletin, n. s. 5(3): 237-241.
4. Scurfield, G., A.J. Michell. and S.R. Silva. 1973. Crystals in woody stems. Botan. J. Linnean Soc., 66(4): 277-289.
5. Scurfield, G., E.R. Sengnit. and C.A. Anderon. 1974. Silicification of wood. Scanning Electron Microscopy (Part II). Proc. Work. S. E. M. Plant. Sci., Chicago: 389~396.
6. Wattendorff, J. 1978. Fine structure and development of calcium oxalate crystal cells with subelinelike crystal sheaths in the bark and secondary xylem of *Acacia senegal* Willd. Protoplasma, 95(3): 193-206.
7. 李起泳, 深澤和三, 石田茂雄. 1985. ドロノキ材及び樹皮中の結晶の存在・形態と成分. 北海道大學農演習林報告 42(3): 595~608.
8. 李起泳, 朴相珍, 朴秉守, 姜善求, 趙在明. 1991. 양황철나무의 재질(Ⅱ) - 結晶性物質·타일로스스·應力材의 分布. 목재공학 19(1): 64~70.