

등침의 2기목부요소의 발생학적 변이

한 경 식

우석대학교 자연과학대학 생물학과

Developmental Changes of the Secondary Xylem Elements in *Aristolochia manshuriensis* Komarov

Kyeong Sik Han

Department of Biology, College of Natural Sciences, Woosuk University, Chonju 565-701 Korea

ABSTRACT

The developmental changes occurring in the secondary xylem of *Aristolochia manshuriensis* Komarov have been studied in different ages of vine stems. *A. manshuriensis* possesses typical storeyed cambium comprising both vertically elongated fusiform initials and almost isodiametric ray cell initials. Stems of *A. manshuriensis* have wide rays that make the secondary xylem appear dissected as other vine types. The length of vessel member and fiber remained relatively constant throughout the secondary growth. However, vessel diameter increases with the increasing age of stem till the cell reaches their maximum limit and later more or less stabilize in diameter while number of vessel per mm² is *vice versa*. Width and relative proportion of ray to axial elements gradually increased with the increasing age of stem and later remained relatively constant.

Key words: storeyed cambium, vessel member, fiber, ray.

서 언

재는 접선단면상에서 목부요소가 일정한 층상구조를 이루는 계층상재와 이와는 달리 구성세포들이 서로 중첩됨으로써 불규칙하게 배열된 비계층상재로 구분된다. 그런데 전자는 계층상 형성층에서 기원되는 것으로 비계층상 형성층에서 비롯되는 후자에 비해 훨씬 고도로 분화된 구조로 알려지고 있다(Philpson 등, 1971). 그러나 계층상재는 층상구조가 비교적 안정성을 나타낼 뿐만 아니라, 제지나 펄프산업 등에 중요하게 활용되지 않아 경제성이 낮다는 이유등으로 몇몇 식물의 경우를 제외하고는 연구가 대단히 미흡한 실정이다(Beijer, 1927; Hejnowicz와 Hejnowicz, 1959; Parameswaran과 Conrad, 1982). 이에 반해 비계

층상재의 2기생장에 따른 구조적 변화에 관한 연구는 비교적 상세하게 이루어진 바 있다(Bailey, 1920, 1923; Bannan, 1950, 1957, 1960; Evert, 1961; Cumbie, 1963, 1983; Ghouse와 Yunus, 1973).

한편 덩굴성 줄기는 보통 넓은 방사조직이 2기목부를 분할하는 것처럼 보이는 특징을 가지는 것으로 알려지고 있으나(Esau, 1977), 이러한 줄기의 2기생장에 관련된 목부요소의 발생학적 변화에 대한 연구는 별로 이루어진 바 없다. 따라서 본 연구는 계층상재를 갖는 덩굴성 목본식물인 등침에서 2기생장중에 나타나는 목부요소의 발생학적 변이를 밝혀보고자 시도되었다.

재료 및 방법

본 연구에 이용된 등첩(*Aristolochia manshuriensis* Komarov)은 15-17년생으로 설악산에서 크기가 비슷한 3개체를 선택하여 지상부로부터 약 1.5m되는 부위에서 폭 2cm의 원판상으로 3개씩 채집하였다. 이와 같은 표본에서 수와 전체의 연륜을 포함하는 5mm폭의 절편을 떼어냈다. 이 절편을 다시 5mm크기로 세분하여 순서가 바뀌지 않도록 잘 표시하여 FAA 용액 속에서 탈기한 후 약 일주일동안 고정하였다. 이와같이 고정된 재료를 부침알코올을 이용하여 탈수한 후 파라핀에 매몰하였다. 또한 등첩의 형성층대를 관찰하기 위해 형성층대를 중심으로 안쪽에 약간의 2기 목부와 사부가 포함된 5mm×5mm 크기의 절편을 떼어 위와 동일한 과정으로 처리하였다. 이와 같이 매몰된 재료를 로타리 마이크로톰을 사용하여 10 μ m 두께의 횡단 및 연속접선절편을 만든 다음 헤마톡시린, 사프란 및 라이트그린으로 삼원염색 후 캐나다발삼으로 봉입하여 영구표본을 만들었다(Sass, 1971).

한편 섬유의 길이와 폭, 도관절의 말단벽의 각도를 측정하기 위하여 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15년차 연륜으로 구분하여 Jeffrey 용액을 이용하여 60 $^{\circ}$ C로 약 40분 동안 해리시켰다(Berlyn과 Miksche, 1976). 이와같이 해리된 재료를 염기성 흑신으로 염색하고 알코올로 탈수한 후 영구표본을 만들었다. 이상과 같이 만들어진 표본을 검경하여 형성층대의 접선단면상에서 형성층의 구조적 특징을 관찰하였고, 또한 2기 목부의 접선단면에서 방사조직의 폭과 상대적인 비율 등을 각각의 연륜별, 개체별로 50개체씩 측정하여 평균과 표준편차를 구하였다. 또한 횡단면상에서 춘·추재별 도관의 접선 및 방사직경, 그리고 연륜별 단위면적당 분포수 등을 측정하였으며, 접선단면상에서 방사조직과 목부요소의 상대적 점유율은 Ghose와 Iqbal(1975)의 방법에 따라 구하였다.

결 과

등첩의 줄기는 매우 높고 넓은 폭의 방사조직 시원세포와 비교적 짧은 방추형 시원세포가 접선단면

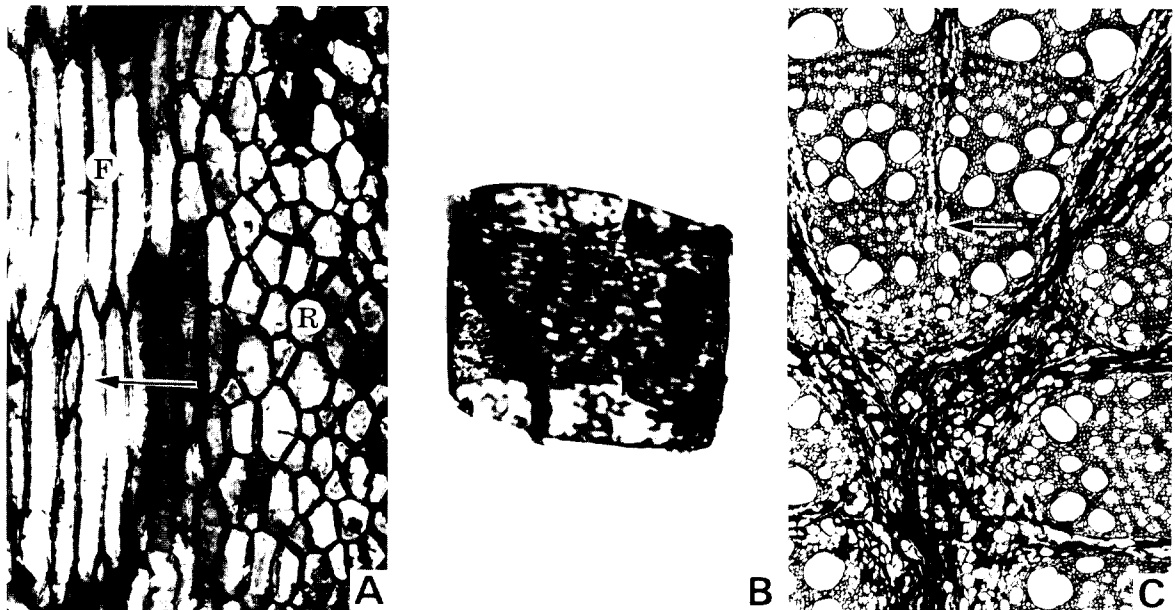


Fig. 1. Photomicrographs show cambium and vessel member in the stem of *A. manshuriensis*.

A: Typical storeyed cambium(F: fusiform initials, R: ray initials) $\times 180$. Arrow indicates origin of new ray initials by division off end of fusiform initials. B: Vessel member with simple perforation plate $\times 400$. C: Typical ring porous wood $\times 60$. Arrow represents occurrence of new secondary ray in the first growth ring.

상에서 일정한 층상배열을 보이는 전형적인 계층상 형성층을 갖는 것으로 밝혀졌다(그림 1A). 이러한 형성층에서 2기생장에 따른 형성층의 둘레증가는 방사수층분열과 뒤이은 낭세포의 접선방향으로의 성장에 의해 이루어졌다. 또한 등침은 횡단면상에서 2기목부를 부채꼴모양으로 분할하는 것처럼 보이는 넓은 폭의 방사조직을 갖는다(그림 1C).

횡단면상에서 등침의 도관은 윤곽이 뚜렷한 원형으로 연륜의 시작부인 춘재부에 큰 도관이 단독으로 분포하였으나 추재부에서는 폭이 좁은 도관이 3-8개씩 모여서 접선방향으로 분포하는 전형적인 환공재의 특징을 나타냈다(그림 1C, 3). 또한 해리표본에서 관찰된 도관절은 전형적인 단천공판과 호생벽공을 갖는 것으로 나타났는데(그림 1B), 춘재의 도관절은 말단벽이 거의 수평인데 비해 추재의 도관절은 약 70° 정도 경사진 말단벽을 갖는 것으로 밝혀졌다. 이와 같은 도관절의 길이는 동일 연륜내의 춘재에 비해 추재의 도관절이 대체적으로 약간 더 긴 것으로 나타났다(그림 2). 또한 연륜의 증가에 따른 도관절의 길이 변화를 보면 1년차 연륜의 춘재와 추재에서 도관절의 길이는 각각 219.7 μ m과 231.8 μ m으로 15년차 연륜의 춘·추재부의 229.7 μ m과 246.8 μ m과 비교해 별다른 차이를 나타내지 않아서 대체로 안정된 양상을 보였다(표 1). 그러나 2기생장과 관련된 도관절의 폭의 변화를 보면 1년차 연륜의 춘재부에서 도관의 평균 폭은 92.4 μ m으로 연륜이 증가됨에 따라 점진적으로 증가되어 9년차 연륜에서 187.5 μ m으로 2배정도 증가되고 이 후에는 대체로 일정하게 유지되었다(그림 3). 이에 반해 추재의 경우는 대체로 안정 또는 오히려 약간 감소된 경향을 보였다. 그런데 횡단면상에서

단위면적당 도관의 분포수는 1년차연륜의 98.7개에서

연륜이 증가됨에 따라 점진적으로 감소되어 7-9년차 연륜에서 74-78개에 이르고 이후에 점차 안정되는 경향을 보였다. 그러나 섬유는 길이와 폭은 각각 478.9-509.7 μ m과 20.4-22.7 μ m으로 2기생장에 관계없이 거의 일정하게 유지되는 것으로 나타났다(표 1).

한편 접선단면상에서 방사조직은 작은 등경성의 많은 방사조직세포로 이루어졌으며 모든 연륜에서

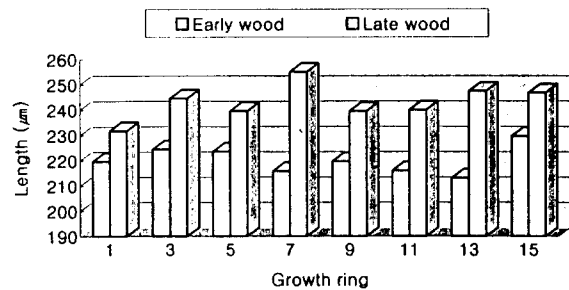


Fig. 2. Histogram shows variation on length of vessel member in relation to the growth ring of *Aristolochia manshuriensis*.

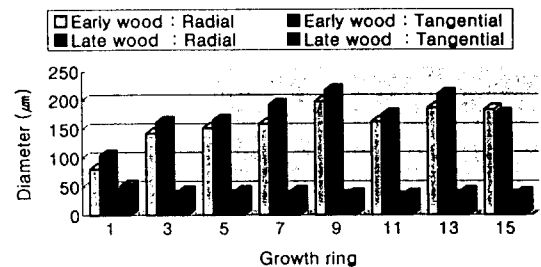


Fig. 3. Histogram shows diameter of vessel in relation to the growth ring of *Aristolochia manshuriensis*.

Table 1. The Size variation on the secondary xylem elements in relation to increasing age of *A. manshuriensis*

Growth ring	Vessel Member			Fiber(μm)		Ray
	Length(μm)	Diameter(μm)	Number*	Length	Diameter	Diameter(μm)
1	225.8±21.9	68.2±5.9	98.7±8.4	504.4±58.0	20.4±1.5	100.7±9.6
3	234.6±20.7	94.9±6.7	87.5±4.0	488.0±53.4	21.5±1.3	202.7±11.4
5	231.6±20.4	98.2±8.7	80.9±9.2	496.5±55.0	21.1±1.0	227.5±17.6
7	235.4±28.2	106.7±9.4	79.7±13.6	478.9±60.3	21.4±2.1	237.5±21.9
9	229.7±21.9	111.5±15.9	74.0±8.4	489.7±44.0	22.4±1.3	218.9±26.4
11	228.6±18.0	94.7±10.7	77.8±9.0	509.7±43.5	20.3±1.4	231.7±19.4
13	230.3±20.4	112.5±10.5	78.1±7.6	510.4±56.3	22.2±1.7	231.0±26.5
15	238.3±26.8	107.5±10.9	76.6±5.4	484.6±47.8	22.7±2.3	235.4±20.9

Number* : mean number of vessel per sq. mm in transverse sections.

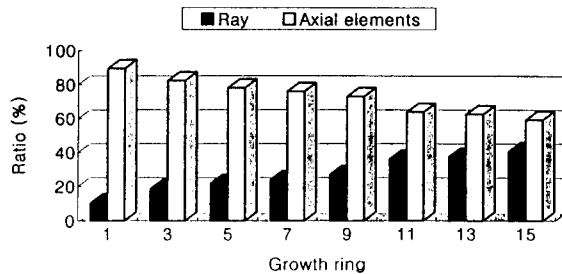


Fig. 4. Histogram shows the relation proportion of ray and axial elements in relation to the growth ring of *Aristolochia manshuriensis*.

매우 높게 나타나 측정이 불가능하였다. 이러한 방사조직의 폭은 1년차연륜의 약 100 μ m으로부터 연륜의 증가와 더불어 점진적으로 증가되어 7-9년차 연륜에서 대략 230 μ m내외에서 안정되는 것으로 밝혀졌다(표 1). 또한 주축계요소에 대한 방사조직의 상대적인 점유율은 1년차 연륜의 10.5%로부터 연륜이 증가됨에 따라 점차 증가되어 11년차 연륜에서 36%에 이르러 안정되는 것으로 나타나 방사조직의 폭과 유사한 경향을 보였다(그림 4). 그런데 2기생장에 따른 새로운 2기방사조직은 방추형 시원세포의 말단 또는 측부의 일부분이 분리되어 기원되며, 수로부터 약 120 μ m 되는 1년차 연륜내에서 처음 발생되기 시작하였다(그림 1A, C).

고 찰

등침은 나자식물이나 대부분의 쌍자엽식물과는 달리 층상의 짧은 방추형 시원세포와 매우 높은 광폭의 방사조직 시원세포로 이루어진 전형적인 계층상 형성층을 갖는 것으로 밝혀졌다. 이러한 형성층의 2기생장에 따른 둘레증가는 전적으로 방사수층분열에 의해 이루어졌다. 이와 같은 양상은 *Dalbergia*(Ghouse와 Yunus, 1974a)와 *Holoptelea integrifolia* (Ajmal 등, 1986)에서도 보고된 바 있다. 그러나 *Tilia*(Zagorska-Marek, 1984)와 감나무 및 벽오동(한과 소, 1991)의 계층상 형성층에서는 방사수층분열 뿐만 아니라 간혹 위횡단분열과 이에 수반된 신장생장도 일어나는 것으로 알려진 바 있다. 그런데 비계층상 형성층의 둘레증가는 주로 방추형 시원세포의 위횡단분열과 뒤이은 낭세포의 관입생장에 의해 이루어지는 것

로 알려지고 있다(Bailey, 1923; Cumbie, 1963, 1967; Catesson, 1964; Ghouse와 Yunus, 1973; Ghouse와 Hashmi, 1980).

한편 줄기의 2기생장이 진행되는 동안 도관절의 길이는 비교적 일정하게 유지되는 것으로 나타났다. 이와 유사한 양상이 계층상 형성층을 갖는 *Aeschynomene elaphroxylon*, *Robinia pseudoacacia* 및 *Balanites aegyptiaca* 등의 식물에서도 보고된 바 있다(Beijer, 1927; Hejnowicz와 Hejnowicz, 1959; Parameswaran과 Conrad, 1982). 이와같이 도관절의 길이가 일정하게 유지되는 것은 모세포인 방추형 시원세포가 방사수층분열 후 신장생장을 겪지 않고 거의 일정하게 유지되기 때문인 것으로 사료된다. 그러나 *Holoptelea integrifolia*(Ajmal 등, 1986)의 어린 줄기에서는 방사수층분열 후 약간의 신장생장이 일어난다는 보고도 있다. 반면 비계층상재의 경우 2기생장에 따른 도관절의 길이 변화는 연륜이 증가됨에 따라 점진적으로 증가되어 최대에 도달된 후 일정하게 유지되거나(Hejnowicz와 Hejnowicz, 1958; Evert, 1961; Ghouse와 Yunus, 1973; Ghouse와 Hashmi, 1980), 이와는 달리 계속적으로 감소되는 경우(Cumbie, 1963, 1983), 또는 정반대로 계속해서 증가되는 경우(Cumbie, 1969a, 1969b) 및 어린 초기단계에 신속하게 증가된 후에 일정하게 유지되는 등(Cumbie, 1967; Butterfield, 1972) 매우 다양한 것으로 알려지고 있다. 이와같은 2기생장과 관련된 도관절의 길이 변화는 방추형 시원세포의 수층분열빈도와 분열 후 낭세포의 관입생장 및 소실율의 영향을 크게 받는 것으로 알려지고 있다(Wilson, 1966; Ghouse와 Iqbal, 1977; Iqbal과 Ghouse, 1983). 그러나 도관절의 직경은 2기생장이 진행됨에 따라 점진적으로 증가하여 최대에 도달된 후 일정하게 유지된 반면 단위면적당 도관의 수는 점진적으로 감소된 후에 일정하게 유지되는 경향이어서 상호 부의 관계를 보였는데 이는 도관폭의 증가로 인해 도관당 점유면적의 증가에 기인된 결과로 여겨진다. 이와 같은 도관폭의 변화 양상은 *Prosopis spicigera*와 *Acacia nilotica*의 연구결과(Iqbal과 Ghouse, 1983)와는 일치되나, *Bauhinia parvifera*(Khan 등, 1981)나 *Terminolia tomentosa* (Mahmooduzzafar와 Iqbal, 1986)에서는 연륜에 관계 없이 일정하게 유지되는 것으로 나타나 등침의 경우와는 큰 차이가 있음을 알 수 있다.

한편 섬유층의 길이는 방추형 시원세포나 도관절 비해 훨씬 더 길었는데 이는 분화중에 도관절은 폭의 성장만 일어나기 때문에 방추형 시원세포의 길이와 거의 같은 반면 섬유층은 양끝에서 상당한 정도의 관입생장을 하기 때문에 모세포와 큰 차이를 나타내는 것으로 여겨진다. 연륜의 증가와 관련한 섬유층의 길이는 도관절의 경우와 마찬가지로 별 다른 변화없이 비교적 일정하게 유지되었다. 이와 유사한 양상이 *Aeschynomene elaphroxylon*, *Nesogordonia parvifera* 및 *Delonix regia*에서도 보고된 바 있다(Beijer, 1927; Chalk 등, 1955; Ghouse와 Hashmi, 1980). 그러나 *Robinia pseudoacacia* 및 *Balanites aegyptiaca*, 감나무와 벽오동에서는 연륜이 증가됨에 따라 점진적으로 증가되어 최대치에 도달된 이후에 일정하게 유지되는 것으로 알려졌다(Hejnowicz와 Hejnowicz, 1959; Parameswaran과 Conrad, 1982; 한과 소, 1991).

한편 줄기의 연륜이 증가됨에 따라 방사조직의 폭은 점진적으로 증가된 후 안정되는 것으로 밝혀졌다. 또한 감나무나 벽오동에서도 점진적으로 증가된 후 안정되는 것으로 보고된(한과 소, 1991), 반면 물오리나무와 이태리포플러에서는 일정하게 유지되는 것으로 알려졌다(한과 소, 1990). 그런데 주축계요소에 대한 방사조직의 상대적인 점유율은 10.5-40.7%로 연륜의 증가에 따라 점진적으로 증가된 후 안정되는 양상을 나타냈다. 이와 유사한 경향이 *Dalbergia sissoo*(Ghouse와 Yunus, 1973), *Polyalthia longifolia*(Ghouse와 Hashmi, 1980) 및 *Bauhinia parvifera*(Khan 등, 1981)에서도 보고된 바 있다. 이와 같이 2기생장에 따른 방사조직의 비율 증가는 어린 줄기에 비해 물이나 영양물질의 방사방향으로의 이동에 대한 생리적 요구가 성숙한 줄기에서 더 크기 때문으로, 방사조직의 상대적인 비율이 식물의 성장습성과 밀접한 관련이 있는 것으로 해석되고 있다(Ghouse 등, 1980). 그러나 *Prosopis spicigera*(Ghouse와 Iqbal, 1977), *Citrus sinensis*(Khan 등, 1983) 및 *Terminolia tomentosa*(Mahmooduzzafar와 Iqbal, 1986)에서는 2기생장에 관계없이 일정하게 유지되는 것으로 밝혀져 2기생장과 관련된 변이 양상이 식물에 따라 매우 다양하다. 또한 주축계요소에 대한 방사조직의 상대적인 점유율이 *Aeschynomene hispida*(Butterfield, 1972)와 *Abies concolor*(Wilson, 1964, 1966)에서는 10%미만, 일부의

마편초과(Ghouse 등, 1980)에서는 21-32% 그리고 *Dillenia indica*(Ghouse와 Yunus, 1974b)경우는 75%로 매우 다양할 뿐만 아니라 비교적 가느다란 수간을 갖는 등침의 오래된 연륜에서는 오히려 교목성 수간에 비해 더 높은 비율을 나타내는 점등에 비추어 Ghouse 등(1980)의 해석에 대한 검토가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

적 요

등침의 2기목부에서 일어나는 발생학적 변화를 덩굴성 줄기의 다른 연륜에서 연구하였다. 등침은 수직방향으로 신장된 방추형시원세포와 등경성의 방사조직 시원세포로 이루어진 전형적인 계층상 형성층을 갖고 있다. 등침의 줄기는 다른 덩굴성 식물과 마찬가지로 2기목부를 분할하는 넓은 방사조직을 갖는 것으로 나타났다. 도관절과 섬유층의 길이는 2기생장 동안 대체로 일정하게 유지되었다. 그러나 도관의 폭은 연륜의 증가와 더불어 점진적으로 증가되어 최대치에 도달된 후 일정하게 유지되었으나 mm²당 도관의 분포수는 그 반대로 나타났다. 방사조직의 폭과 주축계요소에 대한 상대적인 비율은 연륜이 증가됨에 따라 점진적으로 증가된 후 안정되었다.

인 용 문 헌

- Ajmal, S., R. Khan & M. Iqbal. 1986. Cambial structure of *Holoptelea integrifolia* Planch. in relation to age. *Flora* 178: 197-202.
- Bailey, I. W. 1920. The cambium and its derivative tissue. II. Size variation of cambial initials in gymnosperms and angiosperms. *Am. J. Bot.* 10: 499-509.
- Bailey, I. W. 1923. The cambium and its derivatives. II. Size variation in cambial initials. *Am. J. Bot.* 7: 355-367.
- Bannan, M. W. 1950. Abnormal xylem rays in *Chamaecyparis*. *Am. J. Bot.* 31: 346-351.
- Bannan, M. W. 1957. The relative frequency of the different types of anticlinal division in conifer cambium. *Can. J. Bot.* 35: 425-434.
- Bannan, M. W. 1960. Ontogenetic trends in conifer cambium

- with respect of frequency of anticlinal division and cell length. *Can. J. Bot.* 38: 795-802.
- Beijer, J. J. 1927. Die Vermehrung der radialen Reihen in Cambium. *Rec. trav. Bot. Neerl.* 24: 631-786.
- Berlyn, G. P. & J. P. Miksche. 1976. Botanical Microtechnique and Cytochemistry. The Iowa State Univ. Press Ames Iowa pp 128-129.
- Butterfield, B. G. 1972. Developmental changes in the cambium of *Aeschynomene hispida* Willd. *New Zealand J. Bot.* 10: 373-386.
- Catesson, A. M. 1964. Origine, fonction et variations cytologiques saisonieres due cambium de l' *Acer pseudoplatanus* L.(Aceraceae). *Ann. Sc. Nat.(Bot.)* 12eser. 5: 229-498.
- Chalk, L., E. B. Marstrand & J. P. Walsh. 1955. Fiber length in storeyed hardwood. *Acta Bot. Neerl.* 4: 339-347.
- Cumbie, B. G. 1963. The vascular cambium and xylem development in *Hibiscus lasiocarpus*. *Am. J. Bot.* 50: 944-951.
- Cumbie, B. G. 1967. Developmental changes in the vascular cambium in *Leitneria floridana*. *Am. J. Bot.* 54: 414-424.
- Cumbie, B. G. 1969a. Developmental changes in the xylem and vascular cambium of *Apocynum sibiricum*. *Bull. Torrey Bot. Club* 96: 629-640.
- Cumbie, B. G. 1969b. Developmental changes in the vascular cambium of *Polygonum lapathifolium*. *Am. J. Bot.* 56: 139-146.
- Cumbie, B. G. 1983. Developmental changes in the wood of *Bocconia vulcanica* DOWN · SMITH. *IAWA Bull. n. s.* 4: 131-140.
- Esau, K. 1977. Anatomy of Seed Plants. 2nd ed. Wiley New York. pp 309-313.
- Evert, R. F. 1961. Some aspects of cambial development in *Pyrus communis*. *Am. J. Bot.* 48: 479-488.
- Ghouse, A. K. M. & M. Yunus. 1973. Some aspects of cambial development in the shoots of *Dalbergia sissoo* Roxb. *Flora* 162: 549-558.
- Ghouse, A. K. M. & M. Yunus. 1974a. Cambial structure in *Dalbergia*. *Phytomorphology* 24: 152-158.
- Ghouse, A. K. M. & M. Yunus. 1974b. The ratio of ray and fusiform initials in some woody species of Ranaian Complex. *Bull. Torrey Bot. Club* 101: 363-366.
- Ghouse, A. K. M. & M. Iqbal. 1975. A comparative study on the cambial structure of some arid zone species of *Acacia* and *Prosopis*. *Bot. Notiser* 128: 327-331.
- Ghouse, A. K. M. & M. Iqbal. 1977. Variation trends in the cambial structure of *Prosopis spicigera* L. in relation to the girth of the tree axis. *Bull. Torrey Bot. Club* 104: 197-201.
- Ghouse, A. K. M. & S. Hashmi. 1980. Changes in the vascular cambium of *Polyalthia longifolia* Benth et Hook.(Annonaceae) in relation to the girth of the tree axis. *Flora* 170: 135-140.
- Ghouse, A. K. M., M. I. H. Khan, S. Khan & A. H. Khan. 1980. Comparative study on the structure of vascular cambium in some Verbenaceae. *Phytomorphology* 30(1): 32-40.
- 한경식 · 소용영. 1990. 물오리나무(*Alnus hirsuta*(Spach) Rupr.) 줄기의 둘레에 따른 유관속 형성층과 2기목부의 구조적 변화. *식물학회지* 33(3): 153-158.
- 한경식 · 소용영. 1991. 감나무와 벽오동 수간의 둘레 증가에 따른 형성층 원시세포와 그 유도세포의 발생학적 변화. *식물학회지* 34(3): 191-199.
- Hejnowicz, A. & Z. Hejnowicz. 1958. Variation of length of vessel members and fibers in the trunk of *Populus tremula* L. *Acta Soc. Bot. Pol.* 27: 131-159.
- Hejnowicz, A. & Z. Hejnowicz. 1959. Variation of length of vessel members and fibers in the trunk of *Robinia pseudoacacia* L. *Proc. 9th Int. Bot. Cong. Abstract Resumes* 2: 158-159.
- Iqbal, M. & A. K. M. Ghouse. 1983. An analysis study on cell size variation in some arid zone species of India : *Acacia nilotica* and *Prosopis spicigera*. *IAWA Bull. n. s.* 4: 46-52.
- Khan, K. K., Z. Ahmad & M. Iqbal. 1981. Trends of ontogenetic size variation of cambial initials and their derivatives in the stem of *Bauhinia parvifolia* Vahl. *Bull. Soc. Bot. France.* 128: 165-175.
- Mahmooduzzafar & M. Iqbal. 1986. Variation in size and amount of vessel elements across and within the growth rings in *Terminolia tomentosa*. *Flora* 178: 191-196.

- Parameswaran, M. & H. Conrad. 1982. Wood and bark anatomy of *Balanites aegyptiaca* in relation to ecology and taxonomy. *IAWA. Bull. n. s.* 3: 75-88.
- Philipson, W. R., J. M. Ward & B. G. Butterfield. 1971. *The Vascular Cambium, its Development and Activity*. London Chapman & Hall pp 39-84.
- Sass, J. E. 1971. *Botanical Microtechnique*. The Iowa State Univ. Press Ames Iowa pp 131-148.
- Wilson, B. F. 1964. A model for cell production by the cambium of conifers. *In : The Formation of Wood in Forest Trees*. pp 19-36.
- Wilson, B. F. 1966. Mitotic activity in the cambial zone of *Pinus strobus* L. *Am. J. Bot.* 53: 364-372.
- Zagorska-Marek, B. 1984. Pseudotransverse divisions and intrusive elongation of fusiform initials in the storeyed cambium of *Tilia*. *Can. J. Bot.* 62: 20-27.