

물오리나무(*Alnus hirsuta*(S_{PACH}) Rupr.) 줄기의 둘레에 따른 維管束形成層과 二期木部の 構造的 變化

韓京植·蘇雄永

(全州又石大學 生物學科, 全北大學校 自然科學大學 生物學科)

Structural Changes in the Vascular Cambium and Secondary Xylem Elements in the Stem of *Alnus Hirsuta* (S_{PACH}) Rupr. in Relation to the Girth of Tree.

Han, Kyeong-Sik and Woong Young, Soh

(Department of Biology, Chonju Woosuk University and Department of Biology, Chonbuk National University, Chonju)

ABSTRACT

The structural changes in the vascular cambium and secondary xylem *Alnus hirsuta* (S_{PACH}) Rupr. have been investigated in relation to the girth of the tree. The fusiform initials gain a gradual size increase and later remain more or less constant in their length and width. The width of the ray initials remain constant but their heights gradually increase before becoming almost constant. Xylem elements undergo considerable changes in their dimension with the growing girth of the tree and their trends of structural changes are the same as those of cambium.

緒 論

松栎類의 形成層에 關한 研究는 比較的 자세하게 이루어진 바 있으나(Philipson *et al.*, 1971) 雙子葉植物의 形成層에 對한 研究는 比較的 未洽한 實情이다. 또한 現在의 形成層에 關한 情報의 대부분은 形成層에 의해 誘導된 組織의 研究를 通해 얻어진 間接的인 것으로서, 特히 形成層 自體와 이에서 誘導된 組織의 構造的 變化에 對한 研究는 몇 種의 植物을 제외하고는 별로 이루어진 바가 없다(Cumbie, 1963, 1967, 1969; Ghose and Yunus, 1973; Ghose and Hashmi, 1980; Mahmooduzzafar and Iqbal, 1986; Iqbal and Ghose, 1987; Khan *et al.*, 1981).

形成層에서 일어난 發生學的 變化는 二期木部에 그대로 反映된다는 前提하에 二期木部の 解剖를 통해서 形成層의 構造와 活動의 變化에 對한 結論을 내렸었다. 그러나 實際로 二期木部要素는 分化過程 中에 多樣한 變化를 겪게 되므로 形成層의 發生學的 變化를 精確하게 理解하기 위해서는

形成層 自體에 對한 研究가 요구된다. 그러므로 本 研究에서는 줄기의 둘레증가에 따른 形成層 細胞와 그 誘導體細胞의 크기를 比較하여 形成層 細胞의 發生學的 變化傾向을 밝혀보고자 하였다.

材料 및 方法

本 研究에 利用된 材料는 물오리나무(*Alnus hirsuta* (S_{PACH}) Rupr.)로 樹皮가 잘 分離되지 않는 一月에 全州 德津一帶의 野山에서 胸高部位의 둘레가 100cm 되는 것을 擇하였다. 둘레가 100, 80, 60, 40, 20, 8, 4cm 그리고 1cm 되는 部分에서 樹皮와 二期木部를 포함하는 2×3cm 程度의 블록 또는 圓板狀을 採取하였다. 채집된 各各의 블록에서 樹皮와 木部를 포함하는 5mm×5mm 크기의 切片으로 잘라 F.A.A 溶液에 24時間 固定한 後 부질알코올을 脫水過程을 거쳐 파라핀에 埋沒하였다. 埋沒된 材料는 로타리마이크로톰을 使用하여 10 μm 두께의 連續接線切片으로 잘

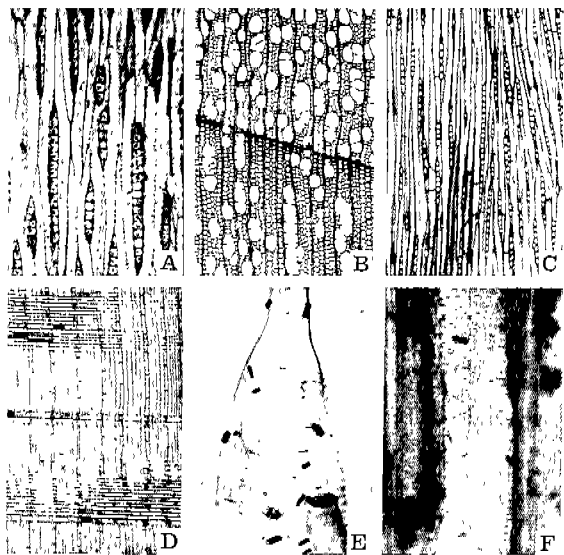


Fig. 1. Photomicrographs showing the cambial cells and its derivatives of *Abnus hirsuta*. A: nonstratified cambium. $\times 120$. B: diffuse porous woods $\times 60$. C: nonstratified wood. $\times 60$. D: homocellular ray in radial view. $\times 60$. E: the typical scalariform perforation plate of vessel member. $\times 330$. F: the alternate pitting pattern of side wall of vessel member. $\times 330$.

라서 사프란린, 헤마톡시린 및 라이트그린으로 三元染色後 에칠알코올을 脫水過程을 거쳐 永久標本을 만들었다 (Sass, 1971).

한편 解離標本은 各部位의 形成層에 가장 인접한 二期木部를 칼로 얇게 깎아서 Jeffrey 法에 의해 만들어졌다 (Berlyn and Miksche, 1976). 즉 10% 질산과 10% 크롬산을 1:1의 比率로 섞어 만든 解離溶液과 材料를 固定瓶에 함께 넣고 마개를 막은 다음 恒溫器에 넣고 2~3時間 동안 60°C로 維持시켰다. 이와 같이 解離시킨 材料를 50% 에칠알코올로 水洗한 뒤 鹽基性 靑신으로 한시간 동안 染色

한 後 70% 에칠알코올에 보관하면서 蘇와 田(1981)의 方法에 따라 永久標本을 만들었다.

以上과 같이 만들어진 標本을 檢鏡하여 紡錘形原始細胞 및 導管要素의 길이와 幅을 連續接線斷面上에서 部位別로 各各 50個體씩 測定하였다. 그리고 導管節의 末端壁과 側壁의 形態는 解離標本과 放射斷面上에서 觀察하였으며 纖維의 길이와 直徑은 解離標本에서 各部位別로 50個體씩 測定하였다.

結果

물오리나무의 形成層은 典型的인 非階層狀形成層이다 (Fig. 1A). 樹齡의 증가에 따른 紡錘形原始細胞와 導管要素의 크기의 變化傾向은 表 1에 나타난 바와 같다. 먼저 紡錘形原始細胞의 길이는 樹齡가 1cm인 部位에서 373.6 μm , 4cm 部位의 446.9 μm 그리고 8cm 部位에서는 532.7 μm 으로 漸進的인 增加를 보였으며, 60cm 部位에서는 729.9 μm 에 이르고 그 以後에는 대체적으로 一定하게 維持되었다. 또한 紡錘形原始細胞의 接線幅은 1cm 部位에서 18.6 μm , 4cm와 8cm 部位에서 各各 21.2 μm 과 21.0 μm 그리고 20cm 部位에서 26.0 μm 으로 漸進的으로 增加되었으며, 樹齡가 60, 80cm 및 100cm 部位에서는 各各 27.6, 26.3 μm 및 27.9 μm 으로 큰 變化를 나타내지 않고 安定된 樣相을 보였다.

한편 물오리나무의 材는 散孔材이자 (Fig. 1B), 또한 非階層狀材로서 (Fig. 1C) 導管節은 典型的인 段階狀芽孔板과 互生膜孔을 갖는 것으로 나타났다 (Fig. 1E, F). 먼저 導管節의 길이의 變化를 보면 樹齡가 1cm인 部位에서는 390.9 μm , 4cm 및 8cm 部位에서 各各 476.2 μm 과 533.9 μm 으로 漸進的인 增加趨勢를 보이다가 60cm 部位에서 731.3 μm 그리고 80cm와 100cm 部位에서 各各 725.2 μm 과 738.6 μm 으로 安定되는 樣相을 나타냈다. 또한 導管의 接線幅에서도 마찬가지로 1cm 部位의 36.3 μm 을 시작으로 漸進的인 增加를 보여 60cm 部位에서 74.6 μm 에 이르고 그 以後에는 대체로 一定하게 維持되었다 (Fig. 2).

Table 1. Changes in the size of fusiform initials, vessel member, and fiber of *Abnus hirsuta* in relation to the circumference of tree

Circumference (cm)	Fusiform initials (μm)		Vessel members (μm)		Fiber (μm)	
	Length	Width	Length	Width	Length	Width
1	373.6 \pm 70.4	18.6 \pm 2.7	390.9 \pm 86.2	36.3 \pm 5.9	687.2 \pm 89.8	14.2 \pm 1.5
4	446.9 \pm 69.0	21.2 \pm 2.3	476.2 \pm 64.0	42.4 \pm 6.4	749.3 \pm 90.5	14.8 \pm 2.9
8	532.7 \pm 63.5	21.0 \pm 2.6	533.9 \pm 74.7	45.7 \pm 7.1	846.4 \pm 97.4	15.4 \pm 2.5
20	585.1 \pm 75.6	26.0 \pm 3.2	558.4 \pm 89.5	52.1 \pm 6.7	828.1 \pm 95.0	15.5 \pm 3.2
40	636.3 \pm 82.2	25.6 \pm 3.8	667.0 \pm 128.9	61.0 \pm 10.2	1,011.3 \pm 128.8	16.8 \pm 2.5
60	721.9 \pm 92.0	27.6 \pm 3.3	731.3 \pm 110.2	74.6 \pm 9.5	1,022.0 \pm 125.1	17.7 \pm 3.3
80	719.9 \pm 80.5	26.3 \pm 3.4	725.2 \pm 148.8	76.8 \pm 10.8	1,117.4 \pm 131.9	17.0 \pm 3.6
100	720.1 \pm 89.5	27.9 \pm 3.5	738.6 \pm 137.8	77.2 \pm 13.6	1,117.1 \pm 150.6	17.4 \pm 3.6

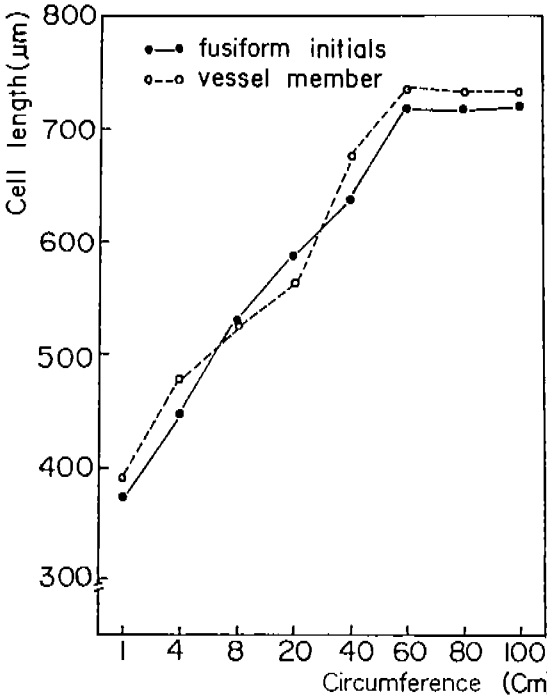


Fig. 2. Variation in the length of fusiform initials and vessel member in relation to the circumference of tree.

Table 2. Dimemsional variation of ray initials and ray of *Alnus hirsuta* in relation to the circumference of tree

Circumference (cm)	Ray initials		Ray	
	Hcight	Width	Height	Width
1	9.7±2.1	1.0±0	11.8±2.1	1.1±0.2
4	12.6±3.2	1.1±0	13.4±2.3	1.2±0.3
8	11.9±2.4	1.0±0	13.5±5.5	1.1±0.3
20	12.1±1.9	1.0±0	16.6±3.6	1.1±0.3
40	13.5±2.3	1.0±0	14.5±2.9	1.1±0.3
60	13.7±2.7	1.1±0.2	18.1±7.9	1.1±0.3
80	13.6±2.2	1.1±0.3	18.8±7.5	1.1±0.3
100	13.5±3.3	1.1±0.3	18.9±7.3	1.1±0.3

纖維의 길이는 1cm 部位의 687.2 μm 으로부터 둘레가 증가됨에 따라 점차 증가되어 80cm 와 100cm 部位에서는 각각 1,117.4 μm 과 1,117.1 μm 에 이르렀다. 또한 纖維의 직徑은 1cm 部位의 14.2 μm 에서 漸進的으로 증가하여 60cm 部位에서는 17.7 μm 에 이르고 그 以後에는 一定하게 維持되었다 (Table 1).

한편 放射組織原始細胞의 높이는 1cm 部位의 9.7 細胞를 시작으로 漸進的으로 증가하여 60cm 部位에서는 13.7 細胞에 이르게 되고 그 以後에는 대체적으로 一定하게 維持

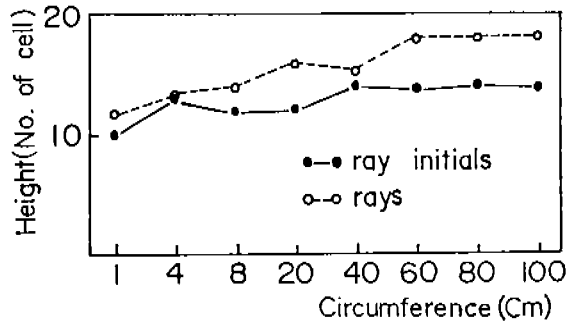


Fig. 3. Variation in the height of ray initials and rays in relation to the circumference of tree.

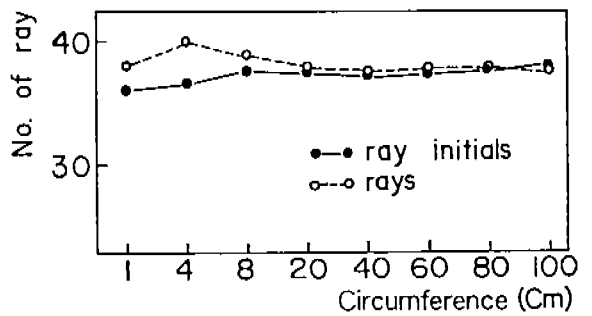


Fig. 4. Variation in the number of ray per unit square in relation to the circumference of tree.

되었다 (Fig. 3). 그러나 放射組織原始細胞의 幅은 둘레의 증가에 關係없이 거의 대부분 單列로 維持되었다 (Table 2). 그리고 물오리나무의 放射組織은 同型細胞性 放射組織으로 (Fig. 1D) 그 대부분이 單列이었다 (Fig. 1C). 둘레의 증가에 따른 放射組織의 높이의 變化를 보면 1cm 部位에서는 11.8 細胞, 그리고 4cm 와 8cm 部位에서는 각각 13.4 細胞와 13.5 細胞로 漸進的인 증가를 보였으며, 60cm 部位에서 18.0 細胞에 이르고 그 以後에는 安定되는 傾向을 보여 放射組織原始細胞의 變化傾向과 類似하였다. 또한 單位面積當 放射組織原始細胞와 放射組織의 數를 보면 둘레의 증가에 關係없이 거의 一定하게 維持되는 것으로 나타났다 (Fig. 4).

考 察

물오리나무의 非階層狀形成層은 줄기의 둘레가 증가됨에 따라 紡錘形原始細胞의 길이는 373.6 μm ~ 720.1 μm 으로 점차 증가된 後에 一定하게 維持되는 傾向을 나타냈다. 이러한 傾向은 *Pinus strobus* (Bailey, 1923), *Dalbergia sissou* (Ghouse and Yunus, 1973), *Polyalthia longifolia* (Ghouse and Hashmi, 1980) 및 *Delonix regia* (Ghouse and Hashmi, 1981) 에서도 報告된 바 있다. 그러나

Polygonum lapathifolium (Cumbie, 1969)의 경우 줄기의 둘레증가에 따라 紡錘形原始細胞의 길이가 계속적으로 증가되는 것으로 알려진 反面 *Prosopis spicigera* (Ghouse and Iqbal, 1977)와 *Acacia nilotica* (Iqbal and Ghouse, 1987)에서는 最大值에 到達後 다시 減少되는 것으로 報告된 바 있다. 또한 어린 줄기에서 初期에 增加된 後 바로 安定된다는 견해도 있다 (Butterfield, 1972). 그런데 非階層狀形成層의 둘레증가는 주로 僞模斷分裂에 의해 일어나며 (Bailey, 1923) 紡錘形原始細胞의 길이는 垂層分裂頻도와 分裂後 娘細胞의 伸長生長率 및 娘細胞의 消失率의 영향을 받는 것으로 알려진 바 있다 (Philipson and Butterfield, 1967). 이와 같은 垂層分裂은 形成層의 나이, 二期木部に 의한 壓力 程度 및 結實 等の 영향을 받게 되며 (Wilson, 1966; Cumbie, 1967) 물오리나무의 경우 *Pinus strobus* (Wilson, 1966), *Acacia nilotica* (Iqbal and Ghouse, 1987) 및 *Delonix regia* (Ghouse and Hashmi, 1981)와 마찬가지로 生長速度가 빠른 어린 줄기에서 垂層分裂頻도가 높은 結果 짧은 紡錘形原始細胞를 갖는 것으로 여겨진다. 그러나 垂層分裂後 娘細胞의 신속한 伸長生長과 짧은 紡錘形原始細胞가 消失됨으로써 垂層分裂이 紡錘形原始細胞의 길이에 별 影響을 미치지 않으며, 紡錘形原始細胞의 길이는 遺傳的 結果라는 見해도 있다 (Bannan, 1964). 또한 물오리나무의 둘레가 증가됨에 따라 導管節과 纖維의 길이는 漸進的으로 增加된 後 一定하게 維持된다. 이러한 傾向은 *Tilia japonica* (Fukajawa and Ohtani, 1982), *Betula pubescens* and *Betula pendula* (Bhat and Kärkinen, 1981) 그리고 *Ulmus procera* (Sundrasivarao et al., 1981)와 類似한 反面 선인장科 (Gibson, 1973)와 *Terminolia tomentosa* (Mahmooduzzafar and Iqbal, 1986)와는 相反된 傾向이다. 그런데 導管節의 길이는 紡錘形原始細胞의 길이와 거의 비슷하여 分化過程 中에 어떤 길이의 變化도 일어나지 않음을 보여준 反面, 導管節의 幅과 纖維의 길이는 分化過程 中에 擴大 및 貫入生長 等の 상당한 變化를 겪게 된다는 事實을 알 수 있다. 그러나 *Terminolia tomentosa* (Mahmooduzzafar and Iqbal, 1986)의 경우에는 導管幅이 一定하게 維持되는 것으로 報告된 바 있다.

한편 줄기의 둘레증가에 對한 放射組織原始細胞와 放射組織의 變化는 높이가 약간 增加할 뿐 幅과 單位面積當 分布數는 一定하게 維持되는 것으로 나타났다. 이러한 傾向은 *Acer saccharum* (Gregory, 1977)과 *Picea glauca* (Gregory and Romberger, 1975)에서도 報告된 바 있다. 그러나 *Dalbergia sissoo* (Ghouse and Yunus, 1973), *Prosopis spicigera* (Ghouse and Iqbal, 1977) 그리고 *Polyalthia longifolia* (Ghouse and Hashmi, 1980)의 경우 放射組織의 크기는 一定하나 單位面積當 分布數가 增加하는 것으로 밝혀져 물오리나무와는 다른 樣相이다.

以上과 같이 물오리나무의 形成層과 木部要素는 둘레가 增加됨에 따라 상당한 變化를 나타냈으며 이러한 變化傾向은 다른 植物의 研究結果와 一致 또는 相反되는 樣相을 나

타냈다. 이와 같이 多樣한 차이는 Bannan (1964)이 지적한 바와 같이 遺傳的 現狀으로 여겨지나, Cutler (1976)와 Baas (1983) 등이 主張한 生態的 要素의 影響도 考慮되어야 할 것으로 보인다. 그러므로 變異의 根本的인 要因을 究明하기 위해 生態的 要素를 考慮한 많은 研究가 이루어져야 할 것으로 思料된다.

摘 要

물오리나무의 둘레에 따른 維管束形成層과 二期 木部要素의 構造의 變化를 研究하였다. 紡錘形原始細胞의 길이와 幅은 漸進的으로 增加된 後 一定하게 維持되었다. 放射組織原始細胞는 높이가 漸進的으로 增加된 後 安定되는 反面 幅과 數는 一定하였다. 木部要素는 둘레의 增加에 따라 상당한 變化를 겪었으며 그들의 構造의 變化傾向은 形成層과 類似하였다.

참 고 문 헌

- Ajmal, S., R. Khan and Iqbal. 1986. Cambial structure of *Holoptelea integrifolia* Planch. in relation to age. *Flora*, 178-202.
- Baas, P., E. Werker and A. Fahn. 1983. Some ecological trends in vessel characters. *IAWA Bull.* n. s. 4: 141-159.
- Bailey, I.W., 1923. The cambium and its derivatives. II. Size variation in cambial initials. *Am. J. Bot.* 7: 355-367.
- Bannan, M.W. 1964. Tracheid size and anticlinal divisions in the cambium of *Pseudotsuga*. *Can. J. Bot.* 42: 603-631.
- Berlyn, G.P. and J.P. Miksche. 1976. Botanical Microtechnique and Cytochemistry. The Iowa State Univ. Press, Ames Iowa.
- Bhat, K.M. and M. Karkkainen. 1981. Variation in structure and selected properties of Finish birch wood. II. Fiber and Vessel length in branches, stem and roots. *New Zealand J. Bot.* 10: 373-386.
- Butterfield, B.G. 1972. Developmental changes in the cambium of *Aeschynomene hispida* Willd. *New Zealand J. Bot.* 10: 373-386.
- Cumbie, B.G. 1973. The vascular cambium and xylem development in *Ilibisus lasiocarpus*. *Am. J. Bot.* 50: 944-951.
- Cumbie, B.G. 1977. Developmental changes in the vascular cambium in *Leitneria floridana*. *Am. J. Bot.* 54: 414-424.
- Cumbie, B.G. 1969. Developmental changes in the vascular cambium of *Polygonum lapathifolium*. *Am. J. Bot.* 54: 130-146.
- Curtler, D.F. 1976. Variation in root anatomy. In Wood Structure in Biological and Technological Research (Baas et al., ed.). Leiden Univ. Press, pp. 143-156.
- Fukajawa, K. and J. Ohtani. 1982. Within-a-tree variation of wood element size in *Tilia japonica*. *IAWA Bull.* n. s. 2: 201-206.

- Ghouse, A.K.M. and M. Yunus. 1973. Some aspects of cambial development on the shoot of *Dalbergia sissoo* Roxb. *Flora* **162**: 549-558.
- Ghouse, A.K.M. and M. Iqbal. 1977. Variation trends in the cambial structure of *Prsopis spicigera* L. in relation to the girth of the tree axis. *Bulletin of Torrey Botanical Club*. **4**: 197-201.
- Ghouse, A.K.M. and S. Hashmi. 1980. Changes in the vascular cambium of *Polyalthia longifolia* Benth. et Hook. (Arnonaceae) in relation to the girth of the tree axis. *Flora* **170**: 135-143.
- Ghouse, A.K.M. and S. Hashmi. 1981. Developmental changes in the vascular cambium of *Delonix regia* Rafin. *Proc. Indian Acad. Sci. (Plant Sci.)*, Vol. **90**(2): 143-151.
- Gibson, A.C. 1973. Comparative anatomy of secondary xylem in Cactoidea (Cactaceae). *Biotropica* **3**: 29-65.
- Gregory, R.A. and J.A. Romberg. 1975. Cambial activity and height of uniseriate vascular rays in conifers. *Bot. Gaz.* **136**(3): 246-253.
- Gregory, R.A. 1977. Cambial activity and ray cell abundance *Acer saccharum*. *Can. J. Bot.* **55**: 2559-2564.
- Iqbal, M. and A.K.M. Ghouse. 1985. Cell event of radial growth with special reference to cambium of tropical trees. *Widening Horizons of Plant Sciences*: 217-252.
- Iqbal, M. and A.K.M. Ghouse, 1987. Anatomy of the vascular cambium of *Acacia nilotica* (L.) Del. var. *telia* Troup (Mimosaceae) in relation to age and season. *Bot. J. Linnean Society* **9**: 385-397.
- Khan, K.K., Z. Ahmad and M. Iqbal. 1981. Trends of ontogenetic size variation of cambial initials and their derivatives in the stem of *Bauhinia parviflora* Vahl. *Bull. Soc. Bot. France* **128**: 165-175.
- Mahmooduzzafar and M. Iqbal. 1986. Variation in size and amount of wood elements across and within the growing rings in *Terminolia tomentosa*. *Flora*. **178**: 191-196.
- Philipson, W.R., J.M. Ward and B.G. Butterfield. 1971. *The Vascular Cambium*. London Chapman & Hall.
- Sass, J.E. 1971. *Botanical Microtechnique*. 3rd ed. The Iowa State Univ. Press, Ames Iowa.
- Sundrasivarao, B., P.S. Prakosaras and N. Vijayalakshmi. 1973. Variation in length of vessel elements and libriform fibers within one tree *Ulmus procera* Salib. *J. Jap. Bot.* **48**: 313.
- Wilson, B.F. 1966. Mitotic activity in the cambial zone of *Pinus strobus*. *Am. J. Bot.* **53**: 364-372.

(1990. 4. 15 接受)