

감나무와 벽오동 樹幹의 둘레증가에 따른 形成層 原始細胞와 그 誘導細胞의 發生學的 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)

Developmental Changes of Cambial Initials and Their Derivative Cells in the Trunk of *Diospyros kaki* THUNB. and *Firmiana simplex* W.F. WIGHT in Relation to Girth Increase

Han, Kyeong Sik and Woong Young Soh

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

ABSTRACT

This study has been conducted to investigate the developmental changes of cambial initials and their derivatives in relation to the growing girth of tree in *Diospyros kaki* and *Firmiana simplex*. In *D. Kaki* and *F. simplex* with typical storeyed cambium, increase in the girth of cambium occurred by radial anticlinal division in general, however occasionally the increase was accompanied by pseudo-transverse division. The length of fusiform initials, vessel member, and sieve tube member remained relatively constant throughout the secondary growth but that of fiber showed general tendency to increase with growing girth of tree. During the girth increase of tree, height and number of ray remained constant in *D. kaki*, however in *F. simplex*, height of ray markedly decreased while the number of ray per unit area more or less increased. The secondary ray was originated from the segmentation or division of the side or end of fusiform initials.

緒 論

維管束 形成層의 原始細胞는 非階層狀 形成層이 階層狀 形成層의 경우보다 일반적으로 더 긴 것으로 알려져 있고 (Philipson *et al.*, 1971), 非階層狀 形成層과 이로부터 비롯된 非階層狀 材의 構造 및 發生에 따른 變化에 관한 研究는 비교적 자세하게 이루어진 바 있다(Bailey, 1920, 1923; Bannan, 1950, 1957, 1960; Evert, 1961; Cumbie, 1963, 1983). 그러나 階層狀 形成層과 階層狀 材에 관한 研究는 이들의 層狀 構造가 비교적 안정성을 보이며(Zagorska-Marek, 1984), 제지 및 펄프산업 등에 활용되지 않는 이유 등으로 이들의 發生學的 變化에 관한 研究는 몇몇 植物을 제외하고는 별로 이루어진 바 없다(Beijer, 1927; Hejnowicz and Hejnowicz, 1959; Parameswaran and Conrad, 1982). 또한 이들 形成層에 관한 研究의 대부분은 二

期木部に 나타난 變化를 통해 形成層의 發生學的 變化를 추적한 間接적인 方法으로 이루어진 것으로(Bailey, 1920; Bannan, 1950, 1957; Evert, 1961; Cumbie, 1963), 形成層 細胞와 그 誘導細胞의 構造의 變化를 관련지은 研究는 많지 않을 뿐 아니라 특히 二期 篩部와 관련지은 研究는 상당히 소홀한 형편이다. 따라서 본 研究는 階層狀 形成層을 갖는 감나무와 벽오동의 둘레증가에 따른 形成層 原始細胞와 이로부터 誘導된 二期 木部 및 篩部細胞의 構造의 變化를 밝히고자 시도되었다.

材料 및 方法

本 研究에서는 階層狀 形成層을 갖는 감나무(*Diospyros kaki* THUNB.)와 벽오동(*Firmiana simplex* W.F. WIGHT)의 줄기를 材料로 사용하였다.

Table 1-1. Changes in the size of cambial initials in *Diospyros kaki* trunk in relation to circumference increase

Circumference (cm)	Fusiform initials (μm)			Ray initials (No. of cell)		
	Length	Diameter	Gabled end	Height	Width	Number*
1	300.3± 31.0	14.7± 2.3	36.4± 5.8	11.0± 2.1	1.3± 0.8	22.4± 1.6
4	311.5± 33.0	21.9± 3.0	40.5± 9.1	13.1± 2.5	2.1± 0.9	22.1± 2.8
8	311.0± 29.2	25.5± 3.9	40.4± 5.2	14.1± 1.4	2.3± 0.8	20.4± 2.2
20	302.0± 29.6	25.1± 2.8	39.6± 5.3	10.4± 3.4	2.3± 0.7	22.4± 2.4
40	309.2± 30.5	26.8± 3.9	42.7± 6.3	11.3± 2.1	2.4± 0.8	22.0± 2.8
60	318.4± 26.0	26.1± 3.3	45.6± 6.1	11.6± 3.5	2.5± 0.6	21.6± 1.6
80	312.0± 31.0	27.3± 2.9	38.3± 4.3	11.5± 3.9	2.6± 0.7	23.2± 1.8

*The number of ray initials per unit area in tangential section.

Table 1-2. Changes in the size of cambial initials in *Firmiana simplex* trunk in relation to circumference increase

Circumference (cm)	Fusiform initials (μm)			Ray initials (No. of cell)		
	Length	Diameter	Gabled end	Height	Width	Number*
1	221.4± 19.3	13.9± 2.5	25.3± 3.3	64.2± 3.4	4.1± 0.9	10.2± 1.6
4	230.1± 24.7	14.9± 1.8	25.1± 4.1	57.4± 4.5	4.0± 1.6	9.7± 2.0
8	232.8± 23.1	15.4± 1.4	29.1± 8.0	52.2± 3.8	4.3± 2.6	9.7± 1.8
20	213.8± 19.6	22.3± 2.5	24.0± 4.8	44.6± 3.6	5.1± 1.4	14.6± 4.0
40	217.5± 18.7	18.8± 2.5	24.7± 5.0	34.3± 4.4	8.5± 2.0	19.1± 3.2
60	224.8± 21.6	18.5± 2.6	23.5± 6.4	28.5± 5.6	7.3± 2.2	16.3± 1.8
80	226.7± 18.4	22.9± 2.0	26.9± 5.0	38.3± 4.9	6.8± 2.3	14.3± 1.6

*The number of ray initials per unit area in tangential section.

材料은 생육환경과 크기가 비슷한 것으로 胸高部位의 둘레가 80 cm 인 것을 5個體씩 택하여 둘레가 80 cm, 60 cm, 40 cm, 20 cm, 8 cm, 4 cm 및 1 cm 가 되는 部位에서 맨 외측 年輪과 樹皮가 포함되도록 끝과 톱을 사용하여 4 cm×4 cm 크기의 블록을, 그리고 가는 줄기의 경우는 전체를 10 cm 길이로 採取하였다. 이와 같이 採取된 材料에서 形成層帶를 중심으로 안쪽에 약간의 二期 木部와 節部가 포함된 5 mm×5 mm 크기의 切片을 떼어 F.A.A. 溶液속에서 脱氣한 후 24시간 동안 固定하였다. 이어서 부침알코올 脱水過程을 거쳐 파라핀에 埋沒하였다. 이와 같이 埋沒된 材料를 회전식 마이크로톰을 사용하여 10 μm 두께의 接線 및 橫斷으로 連續切片을 만든 다음 헤마톡시린, 사프란인 및 라이트그린으로 三元染色 후 카나다말삼으로 봉입하여 永久標本을 만들었다(Sass, 1971).

한편 纖維의 길이와 폭을 測定하기 위하여 각 둘레별로 形成層帶에 가장 인접한 二期 木部와 節部를 면도날로 얇게 깎아서 Jeffrey法으로 解離시켰다(Berlyn and Miksche, 1976). 즉 10% 질산과 10% 크롬산을 1 : 1의 比率로 섞어 만든 Jeffrey 溶液과 함께 얇게 잘라낸 材料를 고정병에 넣고 마개를 막은 다음 恆溫器에 넣고 2~3시간 동안 60

℃로 유지시켰다. 이와 같이 解離된 材料를 1% 염기성 옥신으로 한 시간 동안 染色한 후 50% 알코올로 두 차례 씻어낸 다음 70% 알코올에 보관하면서 기왕의 研究方法에 따라 永久標本을 만들었다(蘇와 田, 1981).

이상과 같이 만든 連續接線斷面의 標本을 鏡鏡하여 각 둘레별로 紡錘形 原始細胞의 길이와 接線직경, 伸張生長의 정도를 추정하기 위한 gabled end의 길이, 放射組織 原始細胞의 높이와 폭, 單位面積當 分布數 및 새로운 二期 放射組織의 發生樣式, 또한 形成層에 가장 인접한 二期 木部에서 導管節의 길이와 接線직경, 木部 放射組織의 높이와 폭 및 單位面積當 放射組織의 分布數, 그리고 二期 節部에서 節管節의 길이와 接線직경, 節部 放射組織의 높이와 폭 및 單位面積當 分布數 등을 각각 50個體씩 測定하였다. 또한 解離標本을 鏡鏡하여 木部 및 節部纖維의 길이와 직경을 각각 50個體씩 測定하였다.

結 果

감나무와 벽오동의 形成層은 어린 줄기에서는 階層狀 構造가 뚜렷하지 않았으나 점차 生長이 진행됨에 따라 전형

Table 2-1. Size variation of xylem elements in *Diospyros kaki* trunk in relation to circumference

Circumference of stem axis (cm)	Vessel member (μm)			Xylem fiber (μm)		Xylem ray (No. of cell)		
	Length	Diameter	Number*	Length	Diameter	Height	Width	Number**
1	296.9± 24.8	38.9± 8.5	23.5± 2.7	521.8± 69.9	12.4± 1.9	11.5± 3.0	1.2± 0.3	23.2± 1.6
4	300.0± 31.8	39.6± 8.4	13.8± 1.1	561.7± 86.9	13.7± 2.0	13.4± 1.3	1.6± 0.6	23.6± 3.0
8	309.0± 35.4	44.0± 7.9	10.5± 0.6	636.5± 73.3	14.5± 2.7	11.0± 3.8	2.0± 0.8	21.6± 2.6
20	304.3± 3.3	46.4± 9.1	13.0± 1.0	693.0± 80.8	13.8± 1.8	11.2± 2.8	2.1± 0.7	24.0± 3.6
40	308.6± 26.3	49.0± 7.2	11.5± 1.2	675.6± 90.8	14.9± 1.7	13.3± 4.3	2.5± 0.7	23.8± 2.8
60	319.6± 30.6	51.0± 11.3	11.3± 1.1	714.5± 92.3	12.2± 2.2	11.7± 2.5	2.5± 0.7	23.6± 3.2
80	313.8± 34.0	57.2± 14.0	9.2± 0.6	841.5± 85.9	15.2± 2.1	12.2± 2.3	2.6± 0.7	22.8± 4.0

*The number of vessel per unit area in transverse section.

**The number of xylem ray per unit area in tangential section.

Table 2-2. Size variation of xylem elements in *Firmiana simplex* trunk in relation to circumference

Circumference of stem axis (cm)	Vessel member (μm)			Xylem fiber (μm)		Xylem ray (No. of cell)		
	Length	Diameter	Number*	Length	Diameter	Height	Width	Number**
1	227.6± 25.1	27.0± 5.8	45.8± 2.6	726.0± 85.8	5.9± 0.4	63.2± 7.9	4.3± 1.1	10.3± 2.0
4	239.0± 38.3	30.6± 2.6	27.9± 2.3	820.0± 124.0	9.0± 0.7	64.7± 10.5	4.6± 1.2	9.8± 1.2
8	256.2± 31.9	30.8± 3.6	17.8± 1.1	956.2± 151.4	9.1± 1.5	63.2± 6.7	6.3± 1.8	9.8± 2.8
20	247.4± 26.4	46.5± 16.1	10.6± 0.8	1015.7± 159.5	11.9± 2.3	42.1± 4.5	9.4± 1.5	10.7± 1.2
40	209.5± 16.5	31.3± 3.8	8.4± 1.1	973.3± 148.5	11.7± 2.3	36.3± 3.6	7.1± 2.0	11.2± 2.8
60	225.4± 14.0	34.0± 8.1	8.2± 0.	1046.5± 107.0	10.5± 2.0	33.3± 4.5	6.8± 1.2	10.9± 1.8
80	227.9± 29.6	42.1± 4.2	10.6± 0.9	1080.4± 123.2	11.0± 2.0	38.0± 6.1	6.5± 1.2	11.0± 2.4

*The number of vessel per unit area in transverse section.

**The number of xylem ray per unit area in tangential section.

적인 階層狀 構造를 나타냈다(Plate I.1, Plate II.1). 이러한 形成層의 둘레증가는 주로 放射垂層分裂에 의해 일어났으나(Plate I.2, Plate II.2), 때로는 偽橫斷分裂에(Plate I.3, Plate II.3) 이어지는 娘細胞의 伸張生長에 의해서도 일어나는 것으로 관찰되었다(Plate I.4).

먼저 紡錘形 原始細胞의 길이를 보면 감나무에서 300~318 μm, 벽오동에서 213~232 μm으로 줄기의 둘레가 증가됨에 따라 약간의 차이는 있으나 대체적으로 일정하게 維持되는 傾向을 나타냈다(Table 1-1, 1-2). 또한 紡錘形 原始細胞의 伸張生長 정도를 추정하기 위한 gabled end의 길이 測定 에서도 둘레의 증가에 관계없이 일정하게 維持되는 것으로 나타났다. 그런데 감나무의 벽오동의 導管節은 전형적인 單穿孔板(Plate I.5, Plate II.4)과 交互相壁孔(Plate I.6, Plate II.5)을 가지며 그 길이는 감나무에서 296~320 μm, 벽오동에서 209~256 μm으로 줄기의 둘레 증가에 관계없이 일정하게 維持되는 傾向이다. 또한 篩管節의 길이는 감나무에서 300~320 μm, 벽오동에서 220~224 μm으로 거의 일정하게 維持된다. 따라서 紡錘形 原始細胞, 導管節 및 篩管節의 길이는 둘레증가에 관계없이

거의 일정한 것으로 밝혀졌다. 그러나 木部 纖維와 節部 纖維의 길이는 1cm 부위에서 감나무의 경우 약 522 μm과 520 μm, 벽오동의 경우 726 μm과 621 μm인데 비해 80cm 부위에서 감나무의 경우 842 μm과 800 μm 그리고 벽오동에서는 1080 μm과 1180 μm으로 줄기의 둘레가 증가됨에 따라 점차로 증가됨을 알 수 있다(Table 2-1, 2-2, 3-1, 3-2).

한편 감나무에서 紡錘形 原始細胞와 篩管節의 接線직경은 각각 15~27 μm과 25~29 μm으로 母細胞와 誘導細胞 사이에 큰 차이를 보이지 않았으나 導管節의 接線직경은 39~57 μm으로 紡錘形 原始細胞에 비해 훨씬 더 넓은 것으로 나타났다. 또한 벽오동에서도 紡錘形 原始細胞와 篩管節의 接線직경은 각각 14~23 μm과 13~14 μm, 導管節의 接線직경은 27~47 μm으로 감나무와 같은 傾向으로 줄기의 둘레가 증가됨에 따라 점진적으로 증가된 후 안정되는 樣相을 보였다. 그런데 橫斷面에서 單位面積當 導管의 分布數는 감나무와 벽오동의 1cm 부위에서 각각 24개와 46개로서 둘레가 증가됨에 따라 감소되어 80cm 부위에서는 각각 9개와 11개에 이르러 導管의 接線 직경의

Table 3-1. Size variation of phloem elements in *Diospyros kaki* trunk in relation to circumference

Circumference (cm)	Sieve tube member (μm)		Phloem fiber (μm)		Phloem ray (No. of cell)		
	Length	Diameter	Length	Diameter	Height	Width	Number*
1	308.5± 49.4	25.0± 3.6	519.6± 39.1	16.9± 2.5	11.9± 2.3	1.2± 0.2	23.6± 1.6
4	300.0± 31.8	26.2± 4.0	547.1± 73.3	14.3± 3.1	12.5± 2.0	1.8± 0.4	21.6± 2.4
8	319.6± 37.0	27.9± 4.2	649.0± 69.1	23.2± 5.8	14.1± 2.3	2.3± 0.4	21.6± 2.4
20	310.0± 26.1	26.4± 3.3	593.5± 80.2	19.5± 1.8	13.3± 2.6	2.2± 0.3	22.4± 3.2
40	311.6± 22.9	27.4± 2.9	630.5± 79.6	18.7± 2.7	12.6± 2.8	2.5± 0.4	22.0± 3.6
60	320.0± 24.4	29.1± 2.5	646.2± 73.0	18.4± 2.4	12.7± 2.3	2.6± 0.4	23.2± 3.2
80	302.4± 24.0	25.3± 3.3	800.0± 171.8	17.9± 2.6	13.2± 3.6	2.3± 0.3	23.5± 2.8

*The number of phloem ray per unit area in tangential section.

Table 3-2. Size variation of phloem elements in *Firmiana simplex* trunk in relation to circumference

Circumference (cm)	Sieve tube member (μm)		Phloem fiber (μm)		Phloem ray (No. of cell)		
	Length	Diameter	Length	Diameter	Height	Width	Number*
1	220.8± 27.6	13.0± 1.7	621.0± 26.3	8.4± 1.6	65.0± 12.4	4.8± 0.5	10.5± 3.3
4	224.0± 17.4	15.3± 1.4	821.4± 106.5	7.3± 1.6	62.9± 12.9	5.2± 2.0	10.7± 2.8
8	219.8± 13.6	18.0± 2.0	939.5± 136.5	7.3± 1.8	53.6± 2.7	4.6± 0.8	9.8± 3.0
20	222.9± 21.3	23.9± 1.1	1111.1± 115.9	7.8± 1.6	46.8± 3.5	10.6± 1.2	10.6± 2.7
40	224.2± 15.6	22.3± 3.0	1175.7± 121.4	8.4± 1.7	38.1± 7.3	12.4± 2.3	11.2± 1.8
60	222.7± 12.0	22.6± 2.9	1172.1± 60.2	8.3± 1.5	35.7± 4.2	11.0± 1.1	11.0± 1.9
80	224.4± 13.8	23.5± 2.5	1180.9± 182.1	8.3± 1.2	42.4± 6.7	8.6± 1.3	10.7± 2.4

*The number of phloem ray per unit area in tangential section.

變化和 상호 負의 관계를 나타냈다(Table 2-1, 2-2).

한편 감나무의 放射組織 原始細胞는 紡錘形 原始細胞와 더불어 뚜렷한 層狀 構造를 갖는 반면 벽오동의 放射組織 原始細胞는 낮은 單列放射組織과 매우 높은 多列放射組織이 混在하여 불규칙배열을 하고 있다(Plate I.2, Plate II.1). 또한 감나무에서 放射組織 原始細胞, 木部 放射組織 및 節部 放射組織의 높이가 單位面積當 分布數는 각각 12~15細胞와 21~24개로서 줄기의 둘레에 관계없이 거의 일정하게 維持되는 것으로 나타났다. 그러나 벽오동의 경우 放射組織의 높이는 처음 1 cm 부위의 63~65細胞에서 둘레가 증가됨에 따라 점차 감소되어 33~38細胞 높이에서 안정되는 반면 單位面積當 分布數는 점진적으로 증가된 후 안정되는 傾向을 나타냈다. 이와 같은 放射組織의 높이의 감소는 인접 紡錘形 原始細胞의 貫入生長(Plate II.6) 및 放射組織 原始細胞의 紡錘形 原始細胞로의 전환(Plate II.7)에 의해 일어나는 것으로 관찰되었다. 그런데 放射組織의 폭은 감나무와 벽오동에서 각각 1~3細胞와 4~11細胞로 둘레가 증가됨에 따라 점진적으로 증가된 후 안정되는 傾向을 나타냈다.

한편 줄기의 둘레가 증가됨에 따라 새로운 二期 放射組織이 계속적으로 發生되는데 감나무와 벽오동에서 이러

한 放射組織은 紡錘形 原始細胞의 발달부(Plate I.7) 및 측부(Plate I.8, Plate II.8)의 일부가 分離되거나 혹은 分裂(Plate I.9, Plate II.9)에 의해 起源되는 것으로 밝혀졌다.

考 察

전형적인 階層狀 形成層을 갖는 감나무와 벽오동에서 形成層의 둘레증가는 주로 放射垂層分裂에 의해 일어나지만 간혹 偽橫斷分裂도 관찰되어 偽橫斷分裂에 뒤이어 일어나는 娘細胞의 伸張生長이 또한 形成層의 둘레증가에 일익을 담당하는 것으로 보여진다. 또한 Tilia의 研究에서도 유사한 結果가 보고된 바 있다(Zagorska-Marek, 1984). 그러나 Bailey(1923)는 階層狀 形成層의 둘레증가는 전적으로 放射垂層分裂에 의해 일어나며 娘細胞의 伸張生長과는 무관한 것으로 밝힌 바 있다.

한편 紡錘形 原始細胞의 길이, 導管節 및 篩管節의 길이는 줄기의 둘레증가에 관계없이 대체로 일정하게 維持되는 傾向을 나타냈다. 이러한 傾向은 Robinia pseudoacacia, Aeschynomene elaphroxylon 및 Balanites aegyptiaca 등의 階層狀 形成層을 갖는 植物에서도 알려진 바 있다(Hejnowicz and Hejnowicz, 1959; Beijer, 1927; Parames-

waran and Conrad, 1982). 그런데 紡錘形 原始細胞의 길이가 二期生長 동안 일정하게 維持되는 것은 放射層分裂 후 娘細胞에서 약간의 伸張生長이 일어나지만 生長率이 일정하고 僞橫斷分裂과 뒤이은 娘細胞의 伸張生長이 전체적인 길이에 影響을 미칠 만큼 빈번하게 일어나지 않기 때문에 보인다. 반면 非階層狀 形成層의 紡錘形 原始細胞의 길이는 둘레가 증가됨에 따라 점진적으로 증가하여 最大에 이른 후 일정하게 維持되거나(Hejnowicz and Hejnowicz, 1958; Evert, 1961; Ghose and Yunus, 1973; Ghose and Hashmi, 1980), 二期生長 동안 내내 減少되는 것으로 (Cumbie, 1963, 1983), 또는 계속적으로 증가되는 경우(Cumbie, 1969a, 1969b) 및 어린 初期段階에 신속히 증가된 후 일정하게 維持된다는 報告(Cumbie, 1967; Butterfield, 1972) 등이 있어서 매우 다양한 傾向을 나타낸다. 그런데 이와 같은 紡錘形 原始細胞의 길이의 變化傾向은 垂層分裂頻度, 分裂 후 娘細胞의 伸張生長率 및 消失率의 影響을 크게 받는 것으로 報告된 바 있다(Wilson, 1966; Ghose and Iqbal, 1977; Iqbal and Ghose, 1983).

한편 導管節과 篩管節의 길이는 줄기의 둘레증가에 관계없이 일정하게 維持되어 紡錘形 原始細胞의 길이 및 變化傾向과 같은 樣相을 나타냈다. 따라서 導管節과 篩管節로의 分化 중에 길이의 變化없이 紡錘形 原始細胞의 길이를 그대로 維持한다는 사실을 알 수 있다. 이러한 結果는 *Bauhinia parviflora* 및 *Prosopis spicigera* 등의 研究結果와도 같은 傾向이다(Khan *et al.*, 1981; Iqbal and Ghose, 1983). 그러므로 紡錘形 原始細胞의 길이는 篩管節의 길이를 통해서도 추정할 수 있는 것으로 여겨진다. 그러나 篩部에서 分裂이 더 頻頻하여 篩管節의 길이가 紡錘形 原始細胞에 비해 더 짧다는 報告도 있으며(Esau and Cheadle, 1955), 또한 形成層에 의한 細胞의 공급이 木部側에 더 많고(Wilson, 1964) 篩部는 木部에 비해 덜 지속적이기 때문에 장기간에 걸친 形成層의 構造變化를 추적하는데는 二期 木部가 더 적절하다는 지적도 있다(Philipson *et al.*, 1971). 그러므로 形成層의 發生過程을 추적하기 위한 간접적인 研究의 경우 二期 木部와 더불어 二期 篩部の 研究를 병행함으로써 좀 더 정확한 結果를 얻을 수 있을 것으로 思料된다.

한편 木部纖維와 篩部纖維의 길이는 母細胞인 紡錘形 原始細胞에 비해 훨씬 더 길고 둘레가 증가됨에 따라 뚜렷하게 증가되는 傾向을 나타냈다. 이와 같은 母細胞와의 길이 차이는 分化 도중의 심한 貫入生長에 基因되며 또한 둘레가 증가됨에 따라 貫入生長率이 증가됨으로써 纖維의 길이가 점차 증가되는 것으로 해석된다. 이러한 傾向은 *Robinia pseudoacacia* 및 *Balanites aegyptiaca*의 경우와 一致되나, *Aeschynomene elaphroxylon*, *Nesogordonia parvifera* 및 *Delonix regia*에서는 二期生長 동안 일정하게 維持되는

것으로 報告되어 本 研究結果와는 다른 傾向을 나타냈다(Hejnowicz and Hejnowicz, 1959; Parameswaran and Conrad, 1982; Beijer, 1927; Chalk *et al.*, 1955; Ghose and Hashmi, 1980).

紡錘形 原始細胞, 導管 및 篩管의 점진적경은 점진적으로 증가된 후 안정되는 반면 單位面積當 導管의 分布數는 점진적으로 減少된 후 안정되어 導管의 점진적경과 分布數 사이에 상호 負의 關係를 나타냈다. 이러한 樣相은 *Prosopis spicigera*와 *Acacia nilotica*의 研究結果와는 一致하나, *Bauhinia parviflora*와 *Terminolia tomentosa*의 경우 導管의 점진적경이 일정하게 유지되는 것으로 알려져 本 研究結果와는 다르다(Iqbal and Ghose, 1983; Khan *et al.*, 1981; Mahmooduzzafar and Iqbal, 1986). 그런데 單位面積當 導管의 分布數의 減少는 点선적경의 증가로 導管當 점유면적의 증가에 基因되는 것으로 여겨진다.

한편 줄기의 둘레증가에 따른 放射組織 原始細胞, 木部 放射組織 및 節部放射組織의 높이의 變化를 보면 감나무에서는 거의 일정하게 維持된 반면 벽오동에서는 점진적으로 減少된 후 안정되는 傾向을 나타냈다. 이와 같은 變化傾向의 차이는 發生初期의 放射組織의 높이가 감나무에 비해 벽오동에서 훨씬 더 높으며 그 原因이 있는 것으로 보이며, 벽오동에서 放射組織의 높이의 減少는 인접 紡錘形 原始細胞의 貫入生長과 多列放射組織의 내부에서 放射組織 原始細胞가 紡錘形 原始細胞로 전환됨으로써 일어나는 것으로 밝혀졌다. 前者에 의한 높이의 減少는 *Pyrus communis*와 *Dalbergia sissoo* 그리고 後者に 의한 높이의 減少는 *Syringa* 등에서도 報告된 바 있다(Evert, 1961; Ghose and Yunus, 1973; Soh, 1974). 또한 둘레증가에 따른 放射組織의 폭의 變化를 보면 약간 증가된 후 안정된다. 이와 같은 放射組織의 폭의 증가는 주로 放射組織 原始細胞의 垂層分裂에 의해 일어나는 것으로 보이며 그 밖에도 인접 放射組織 原始細胞와의 융합 또는 인접 紡錘形 原始細胞가 放射組織 原始細胞로 전환되어 결합됨으로써 폭의 증가가 일어나는 것으로 알려진 바 있다(Barghoorn, 1940a, 1940b; Butterfield, 1972; 韓과 蘇, 1990). 그러므로 일정수준에서 放射組織의 높이와 폭이 안정되는 것은 상기한 바와 같은 증감요인에 의해 높이와 폭의 증감이 반복되기 때문으로 보인다. 또한 單位面積當 放射組織의 分布數는 둘레의 증가에 관계없이 거의 일정하게 維持되는 것으로 나타났는데 이것은 放射組織의 높이, 폭 및 새로운 二期 放射組織의 發生頻度 등의 要因에 의한 것으로 보여진다. 그런데 감나무와 벽오동에서 새로운 二期 放射組織은 紡錘形 原始細胞의 말단부 및 측부의 일부가 分離되거나 또는 分割에 의해 起源되는 것으로 밝혀졌다. 이와 같은 二期 放射組織의 發生樣式은 *Pyrus communis*, *Delonix regia* 및 아카시나무 등의 研究에서도 報告된 바 있다(Evert, 1961;

Ghouse and Hashmi, 1980; 韓과 蘇, 1990). 그런데 二期放射組織의 發生頻度는 紡錘形 原始細胞와 放射組織 原始細胞 사이의 物理的 接觸程度(Philipson *et al.*, 1971) 또는 未知의 刺戟物質의 측적에 의해 조절된다는 研究結果(Carmi *et al.*, 1972) 등이 알려진 바 있다.

이상에서 본 바와 같이 감나무와 벽오동의 紡錘形 原始細胞와 이에서 비롯된 主軸系 要素의 경우 導管의 徑長과 纖維의 길이를 제외하고는 줄기의 둘레증가에 대해 比較的 안정된 構造를 보인 반면 放射組織 原始細胞와 放射組織은 다양한 構造的 變化를 나타내는 것으로 확인되었으며 이러한 發生學的 變化傾向은 非階層狀 形成層의 경우와는 상당한 차이가 있음을 알 수 있었다.

摘 要

本 研究은 감나무와 벽오동의 둘레증가에 따른 形成層 原始細胞와 그 誘導細胞의 發生學的 變化를 밝히기 위하여 시도되었다. 전형적인 階層狀 形成層을 갖는 감나무와 벽오동에서 形成層의 둘레증가는 대체로 放射垂層分裂에 의해 일어났으나 때로는 僞橫斷分裂에 의해서도 일어났다. 紡錘形 原始細胞, 導管節 및 篩管節의 길이는 二期生長 동안에 일정하게 維持된 반면 纖維의 길이는 줄기의 둘레가 증가함에 따라 증가되는 傾向을 나타냈다. 줄기의 둘레가 증가하는 동안 放射組織의 높이와 數가 감나무에서는 일정하게 維持된 반면, 벽오동의 경우 높이는 현저하게 減少되지만 單位面積當 放射組織의 數는 다소 증가된다. 二期放射組織은 紡錘形 原始細胞의 分割 및 側部 또는 末端部가 分離되어 起源된다.

參 考 文 獻

- 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.
- Barghoorn, E.S., Jr. 1940a. Origin and development of the uniseriate ray in the coniferae. *Bull. Torrey Bot. Club* **67**: 303-328.
- Barghoorn, E.S., Jr. 1940b. The ontogenetic development and phylogenetic specialization of rays in the xylem of dicotyledons. I. The primitive ray structure. *Am. J. Bot.* **27**: 918-928.
- Berlyn, G.P. and J.P. Miksch. 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.
- Chalk, L., E.B. Marstrand, and J. P. Walsh. 1955. Fiber length in storeyed hardwood. *Acta Bot. Neerl.* **4**: 339-347.
- Carmi, A., T. Sachs, and A. Fahn. 1972. The relation of ray spacing to cambial growth. *New Phytol.* **71**: 439-447.
- 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 lapatnifolium*. *Am. J. Bot.* **56**: 139-146.
- Cumbie, B.G. 1983. Developmental changes in the wood of *Bocconia vulcanioa* DOWN. SMITH. *IAWA Bull.* **n. s. 4**: 131-140.
- Esau, K. and V. I. Cheadle. 1955. Significance of cell divisions in differentiating the secondary phloem. *Act. Bot. Neerl.* **4**: 348-357.
- Evert, R.F. 1961. Some aspects of cambial development in *Pyrus communis*. *Am. J. Bot.* **48**: 479-488.
- Ghouse, A.K.M. and M. Yunus. 1973. Some aspects of cambial development in the shoots of *Dalbergia sissoo* Roxb. *Flora* **162**: 549-558.
- Ghouse, A.K.M. and S. Hashmi. 1980. Changes in the vascular cambium of *Polyalthia longifolia* Benth. et Hook. (Annonaceae) in relation to the girth of the tree. *Flora* **170**: 135-143.
- Ghouse, A.K.M. and 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.
- 한경식, 소용영. 1990. 아카시아나무의 줄기에 있어서 형성층의 활동과 방사조직의 발생. *식물학회지* **33**(1): 65-74.
- Hejnowicz, A. and 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. and Z. Hejnowicz. 1959. Variation of vessel members and fibers in the trunk of *Robinia Pseudoacacia*. *Proc. 9th Int. Bot. Cong., Abstract Resumes* **2**: 158-159.

- Iqbal, M. and A.K.M. Ghouse. 1983. An analytical 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, and 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 and 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. and 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, and B.G. Butterfield. 1971. The Vascular Cambium, its Development and Activity. London Chapman & Hall. pp. 39-84.
- Sass, J.E. 1971. Botanical Microtechnique (3rd ed.). The Iowa State Univ. Press Ames, Iowa. pp. 131-148.
- Soh, W.Y. 1974. Early ontogeny of vascular cambium. III. *Robinia pseudoacacia* and *Syringa oblata*. *Bot. Mag.* 87: 99-112.
- 소웅영, 전판배. 1981. 자작나무과의 도관형태에 의한 분류. *생물학연구연보(전북대학교 생물학연구소)* 2: 91-99.
- Wilson, B.F. 1964. A model for cell production by the cambium of conifers. In: *The Formation of Wood in Forest trees* (M.H. Zimmermann, ed.). 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.
(1991. 7. 1 接受)

Plate I

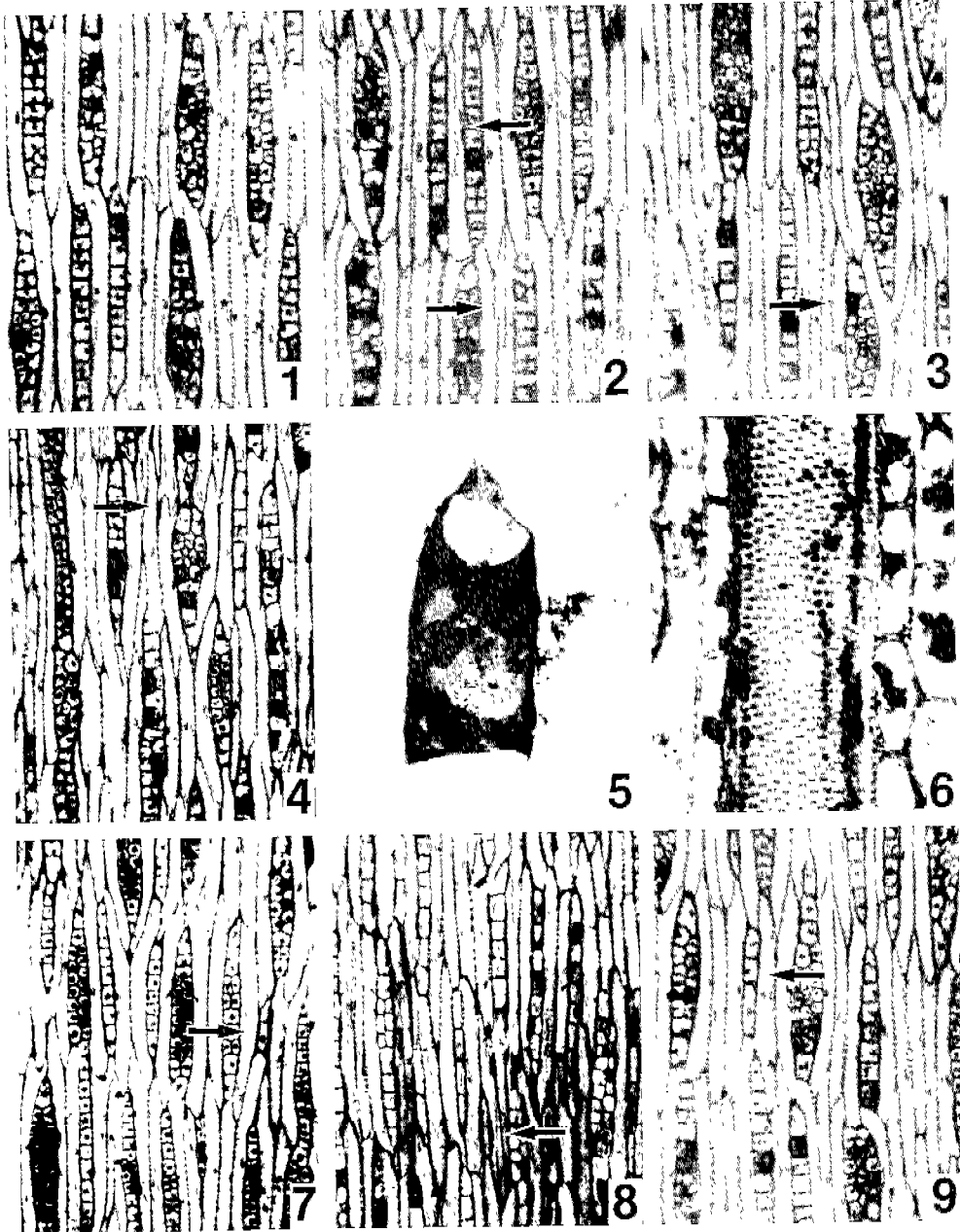


Plate I. Photomicrographs show cambium and vessel member in the stem of *Diospyros kaki*. 1: Typical storeyed cambium. $\times 150$. 2: Arrows indicate radial anticlinal division of fusiform initials. $\times 150$. 3: Arrow indicates pseudotransverse division of fusiform initials. $\times 150$. 4: Arrow indicates forking end by intrusive growth of fusiform initials. $\times 150$. 5: Typical simple perforation plate. $\times 400$. 7-9: Arrow indicates origin of new ray initials by division off end of fusiform initials (7), cut off lateral part of fusiform initials (8), And segmentation of fusiform initials (9). $\times 150$.

Plate II



Plate II. Photomicrographs show cambium and vessel member in the stem of *Firmiana simplex*. 1: Typical stored cambium. $\times 150$. 2: Arrow indicates radial anticlinal division of fusiform initials. $\times 150$. 3: Arrow indicates pseudotransverse division of fusiform initials. $\times 150$. 4: Typical simple perforation plate. $\times 400$. 5: Alternating pitting pattern on the lateral wall of vessel member. $\times 400$. 6: Arrow indicates splitting of ray initials by intrusive growth of fusiform initials. $\times 150$. 7-9: Arrow indicates origin of new ray initials by division off end of fusiform initials (7), cut off lateral part of fusiform initials (8), and segmentation of fusiform initials (9). $\times 150$.