

## 乾地에서 자란 잣나무(*Pinus koraiensis* S. et Z.)의 二期木部 및 形成層構造의 變化

林 東 沃·蘇 雄 永\*

(湖南大學校 生物學科, \*全北大學校 自然科學大學 生物學科)

### Structures of Secondary Xylem and Cambial Initials in *Pinus koraiensis* S. et Z. Grown in Arid Soil

Lim, Dong Ok and Woong Young Soh\*

(Department of Biology, Honam University, Kwangu, and

\*Department of Biology, Chonbuk National University, Chonju)

#### ABSTRACT

This study deals with the effect of dwarf growth for the wood and the structural changes of cambium in *Pinus koraiensis* subjected to water stress. The length and wall thickness of tracheary elements in dwarf trees was shorter and thicker than that in normal trees. The radial width and cell number of the annual rings are narrower and smaller in dwarf trees than those in normal trees. In serial tangential sections, the frequency of anticlinal division is low and loss of cambial initials is small in dwarf trees. The length of cambial initials in water deficit, trees are slightly shorter than that in normal trees, and the intrusive growth of cambial initials during differentiation of xylem mother cells is inactive in dwarf trees. Thus, it is interpreted that the shortening of tracheary elements in dwarf trees is due to the fact that the length of cambial initials are shortened and the intrusive growth of those during differentiation of xylem mother cells is inactive. The structural variations in the wood of naturally occurring dwarf trees are similar to those of trees subjected to artificial water stress. Therefore, it is suggested that the variations of xylem element in dwarf trees are related to water conditions.

#### 緒 論

樹木の 生長過程에 土壤水分, 緯度와 經度 그리고 바람이나 陰地耐性 등의 환경요인은 二期木部分化에 영향을 미치는 것으로 알려졌다(Forsait, 1920; Fahn, 1964; Carlquist, 1975, 1977; Taylor, 1974; Oever *et al.*, 1981; Bis-sing, 1982; Lawton, 1984). 이들 연구는 野地에서 서식하는 種을 대상으로 二期木部の 構成要素의 변이에 초점을 맞춰서 이루어졌고(Baas *et al.*, 1983; 林과 蘇, 1991) 그 원인에 대한 구명은 되지 않은 실정이다. 그러나 二期木部는 形成層原始細胞의 분열에 의해 기원되므로, 假導管의 길이 변이는 形成層을 포함한 二期木部の 接續斷面의 연속결편을 통해 形成層原始細胞의 발생학적인 변화를 추적할 수 있다(Philipson and Butterfield, 1967). 따라서 二期木部の

구조상 변이가 어떻게 유발되는지를 알 수 있으므로 최근에 矮小生長을 한 植物에 있어서 維管束形成層으로부터 二期木部가 分化되는 과정을 분석한 바 있다(林, 1989).

식물생장과정에서 水分의 이동통로인 통수요소의 변이가 土壤水分 요인과 관계가 깊지만 자연생육지에서는 수분 이외의 여러가지 환경요인이 복합적으로 관련되어 있으므로 실험 조건하에서 환경요인 중 수분조건을 달리할 때 그 결과가 어느 정도 일치하는지 여부는 확인해 볼 필요가 있다. 따라서 水分을 충분히 공급한 실험구와 수분을 공급하지 않은, 水分스트레스를 받는 실험구에서 생장한 개체들의 形成層原始細胞로부터 목부요소로 발생과정의 변화를 확인하고자하며, 목부요소 변이의 주원인이 형성층 원시세포 자체의 변이에서 기인되는지 또는 목부세포로 분화되는 과정에서 유발되는지를 조사하고, 아울러서 환

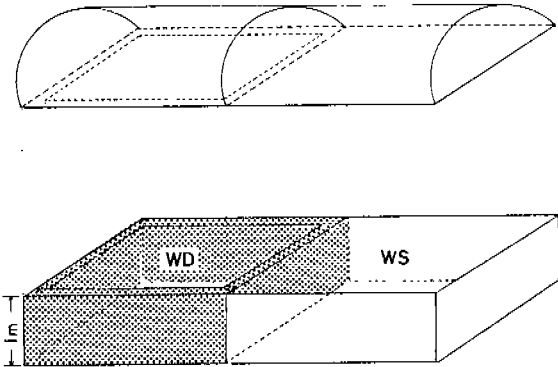


Fig. 1. Diagram of greenhouse used in this experiment. The upper and dotted part of drawing appear to cover polyvinyl. WD, water deficit; WS, water supply.

경요인 중 특히 수분조건과 관련되어 나타나는지를 밝히 고자 본 연구를 수행하였다.

### 材料 및 方法

본 실험에서는 3년생 잣나무(*Pinus koraiensis*)를 재료로 하였으며 실험에 사용하기 4개월 전인 1987년 10월 個體間 거리를 50 cm씩 띄어 4줄로 심어서 活着시켰다. 그 후 1988년 2월 9일 처리구를 설치하였다. 동일지역내에서 水分스트레스를 처리하기 위해 가로 8줄 즉 32본의 잣나무가 포함된 주변부위를 1 m 길이로 골을 판 후 그곳에 비닐로 차단 막을 만들고 다시 흙으로 골을 메웠다. 그리고 그곳은 정상수분 조건을 주기 위한 32본이 포함된 부분과 함께 지상부에 비닐하우스를 설치하였다(Fig. 1). 그 후 정상적으로 수분을 주기위한 처리구(溼生個體)에는 3-5일 간격으로 40 L씩 수도물을 인위적으로 공급했다. 반면 水分스트레스를 받는 처리구(乾生個體)의 수분공급은 오직 하우스 설치 전의 土壤水分과 지하부로부터 공급받게 하였다. 실험재료는 3월부터 11월까지 매월 3개체씩 기부측 가지와 두번째 가지 사이의 줄기부위를 채취해서 固定液에 고정하였다. 그리고 11월중 재료 채취는 개체 전부를 취해서

각 마디 사이에서 재료를 선택했다. 이렇게 취한 재료는 5% 弗化水素로 2주간 연화처리 한 후 파라핀으로 埋沒하여 回轉式마이크로톰으로 3단면 절편을 만들었다. 그 후 삼원염색하여 영구조직표본을 만들었다(Berlyn and Miksche, 1976). 현미경 관찰은 비대생장으로 인한 월별 세포의 증가되는 수와 이에 따른 각 세포들의 放射直徑을 측정하였다. 그리고 매월 채취한 표본에서 방추형원시세포와 假導管의 길이를 50개씩 측정하였고, 11월에 채취한 재료에서는 각 마디 사이에서 假導管의 길이를 50개씩 측정하였다. 그리고 연속 접선절편에서는 1년동안 비대생장하면서 紡錘形原始細胞의 重層分裂 빈도와 분열 후 貫入生長의 정도를 관찰하였다. 특히 방추형원시세포의 수층분열양상은 다음 설명과 같이 도해하였다. 形成層原始細胞가 分化하는 동안 양갈래진 가지는 紡錘形原始細胞의 僞橫斷分裂을 나타내고, 한쪽 옆으로 파생된 가지는 측생방사중단분열(lateral longitudinal division)을 나타낸다(Fig. 9D). 한편 중간에서 끝난 선은 分化도중에 소실된 原始細胞를 나타내고 문자 R은 紡錘形原始細胞에서 放射組織原始細胞로 전환 또는 새로운 생성을 나타냈다. 수직방향으로 그 선은 연구를 수행한 당해년도에 肥大生長한 연륜의 경계를 나타냈으나 肥大生長時 年輪幅의 차이는 고려하지 않았다. 그리고 토양습도를 알아보기 위해 물을 주기전에 지표부(0-5 cm)와 지하부(25-30 cm)에서 각각 500 g씩 토양을 채취하여 건조기에 완전 건조시켜 生重量과 乾重量을 비교해서 백분율로 나타냈다. 그리고 토양의 물리화학적 성질을 알아보기 위해 農村振興廳 土壤化學分析法(1975)에 의해 토양시료를 분석하였다.

### 結 果

지표부와 지하부의 土壤濕度は 지표부에서 수분공급한 토양은 14.5%, 물을 안준 토양은 0.6%의 土壤濕度를 나타냈다(Table 1). 그리고 지하부에서 물준 토양은 15.1%, 물 안준 토양은 5.9%였다.

토양의 물리화학적 성질은 Table 2와 같다. 물준 토양과 물 안준 토양 사이에서 pH는 각각 4.3과 4.1이었고, 유기물 함량은 2.0%와 1.3%, 유효 인산은 231 ppm과 252 ppm,

Table 1. Soil moisture and anatomical characters in the wood of *Pinus koraiensis*

Condition	Soil moisture (%)		Height of ray (cells)	Tracheids (μm)		Cambial initials	
	Surface	Underground		Tangential diameter	Wall thickness	Cell layers	Intrusive growth (%)
Water supply	14.5	15.1	7.2 ± 1.3	21.9 ± 1.6	2.9 ± 0.4 <sup>a</sup>	5-7	22.9
Water deficit	0.6	5.9	6.8 ± 1.3	21.3 ± 3.6	3.7 ± 0.5	4-6	15.3

<sup>a</sup>1% significant level.

Table 2. Physico-chemical properties of soil

Condition	Characters pH (1 : 5)	O.M. (%)	av-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	SiO <sub>2</sub> (ppm)	C.E.C. (me/100 g)	Ex-Cations(me/100g)			Soil texture
						Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	
Water supply	4.3	2.0	231	43	9.50	0.5	0.1	0.30	loamy soil
Water deficit	4.1	1.3	252	44	8.74	0.5	0.2	0.34	loamy soil

O.M, total content of organic matter.

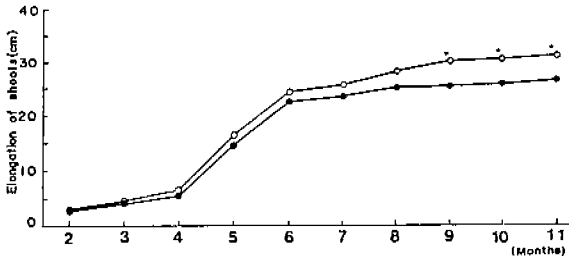


Fig. 2. Seasonal changes in elongation of shoot in *Pinus koraiensis*. ○-○, water supply trees; ●-●, water deficit trees; ★, 1% significant level.

유효 규산은 43 ppm과 44 ppm, 양이온 치환능력은 9.50 me/100 g과 8.74 me/100 g, 그리고 치환성 양이온중 Ca<sup>2+</sup>는 두 처리구가 모두 0.5 me/100 g이었고, Mg<sup>2+</sup>는 0.1 me/100 g과 0.2 me/100 g 및 K<sup>+</sup>는 0.30 me/100 g과 0.34 me/100 g이었다. 이들 사이에서 약간의 차이는 한 처리구에 계속 물을 주어왔기 때문으로 사료된다.

정아의 신장은 동아상태인 2월초부터 당년생장이 끝난 11월까지 매달 측정한 결과 습생개체는 평균 약 28 cm의 길이 신장을 하였고 건생개체는 평균 약 24 cm 신장하였다 (Fig. 2). 그리고 정아의 신장은 4월에서 6월 사이에 급속한 신장을 보였으며, 두 처리구간의 평균치를 T-검정해 본 결과 9월, 10월 및 11월에 1% 유의차를 나타냈다.

잣나무의 기부측 제 1지와 제 2지 사이의 줄기를 횡단면으로 관찰해 본 결과, 월별 假導管의 방사배열 세포수로 본 비대생장은 3월 9일까지는 일어나지 않고 그후부터 形成層의 増與分裂로 인한 지속적인 비대생장을 하여 그 세포 수가 증가함을 보여준다(Fig. 3). 11월까지 한 생장기간동안 증가된 假導管 세포수는 濕生個體(120 細胞)가 乾生個體(93 細胞)보다 더 많았다(Figs. 3, 4). 3월부터 6월까지 3개월동안의 비대생장은 한 생장기간에 형성되는 세포수의 50% 이상을 형성했다. 그리고 假導管의 방사폭을 비교한 결과, 기부측 제 1지와 제 2지 사이의 줄기에서 처음 30세포가 형성될 때까지 거의 비슷한 평균치를 보였으나, 30 세포 이상에서는 放射直徑이 濕生個體에서 乾生個體보다 더 넓게 나타났다(Fig. 5). 또한 당년생장한 정단부위의 비대생장을 측정된 결과 대부분 濕生個體쪽에서 乾生個體

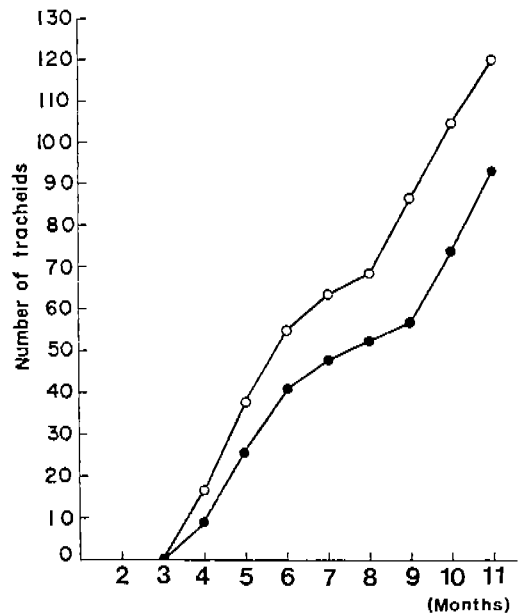


Fig. 3. Seasonal changes in number of tracheids during one year's growth in the basal regions of stem in 4-year-old *Pinus koraiensis*. ○-○, water supply trees, ●-●, water deficit trees.

의 것보다 假導管의 放射直徑이 더 넓게 나타났다(Fig. 6). 그리고 假導管의 접선직경을 측정된 결과 濕生個體(21.9 μm)가 乾生個體(21.3 μm)보다 접선폭이 약간 더 넓게 나타났으나 유의차는 없었다(Table 1). 그리고 假導管의 벽 비후는 濕生個體(2.9 μm)에서 乾生個體(3.7 μm)보다 더 얇게 나타났고 T-검정 결과 1%의 유의성을 보였다(Table 1).

形成層帶의 세포층수는 Table 1에서 보는 바와 같이 濕生個體가 5-7층으로서 乾生個體의 4-6층보다 더 활발한 増與分裂를 하여 肥大生長에 기여한 것으로 나타났다.

形成層 자체의 들레 증가는 形成層原始細胞의 垂層分裂를 통해서 일어나는 데 그 분열 양상은 Figs. 7-9에서와 같다. 濕生個體에서 垂層分裂의 빈도는 3.1회, 중간에 소실된 원시세포의 수는 0.8개, 그리고 최종 형성된 원시세포의 수는 3.3개였다. 이에 비해 乾生個體는 垂層分裂 빈도 1.8회, 소실된 원시세포의 수 0.2개, 그리고 최종 생성된

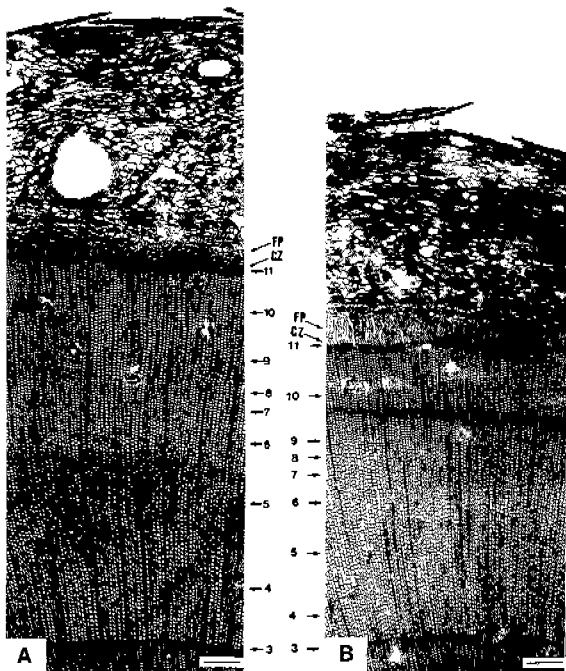


Fig. 4. Cross sections of basal regions in 4-year-old stem of *Pinus koraiensis* showing seasonal change in the number of tracheids from one growth ring as Fig. 3. Bars = 215  $\mu$ m. A, stem in normal tree; B, stem in dwarf tree; FP, functional phloem; CZ, cambial zone; The numbers represent the month of measurement.

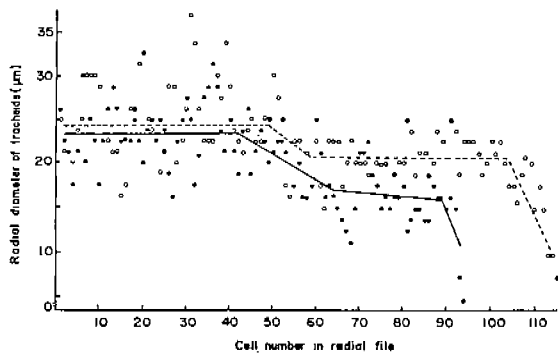


Fig. 5. Radial diameter of tracheids in radial files of wood at basal region of the main stem in *Pinus koraiensis*.  $\circ$ , water supply trees;  $\bullet$ , water deficit trees.

원시세포의 수는 2.6개(紡錘形原始細胞 2.4개 + 방사조직원시세포 0.2개)로 나타났다.

紡錘形原始細胞의 貫入生長率은 濕生個體에서 22.9%로 乾生個體 15.3%보다 더 높게 나타났다(Table 1).

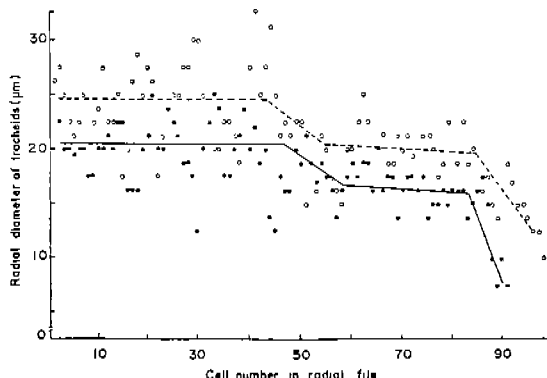


Fig. 6. Radial diameter of tracheids in radial files of wood at meristematic region of the main stem in *Pinus koraiensis*.  $\circ$ , water supply trees;  $\bullet$ , water deficit trees.

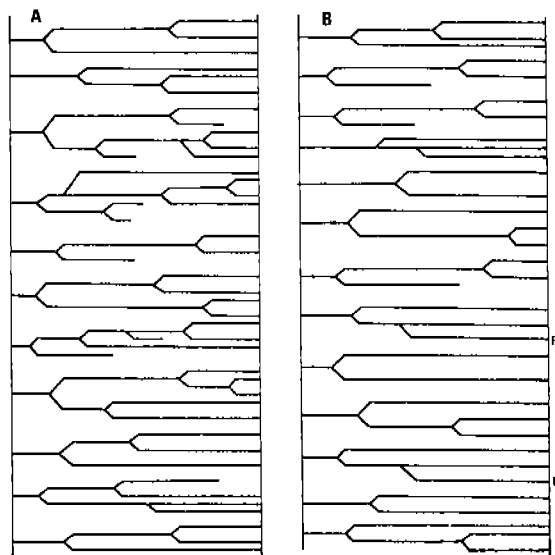


Fig. 7. Diagram showing the developmental changes of the cambial derivatives from pith to peripheral region in *Pinus koraiensis*. A, water supply trees; B, water deficit trees. Equal forkings of the horizontal lines indicate centred pseudotransverse division and side branches, lateral divisions. The termination of horizontal lines indicates the disappearance of fusiform initials from the cambium, and the letter R signifies the establishment of one ray as indicated by the preceding digit. The vertical lines represent the boundary of growth ring.

기부측 가지와 제 2지 사이의 줄기를 매일 채취해서 관찰한 假導管의 길이는 濕生個體(845.5-1064.9  $\mu$ m)가 乾生個體(824.6-973.7  $\mu$ m)보다 더 길게 나타났다(Fig. 10). 두

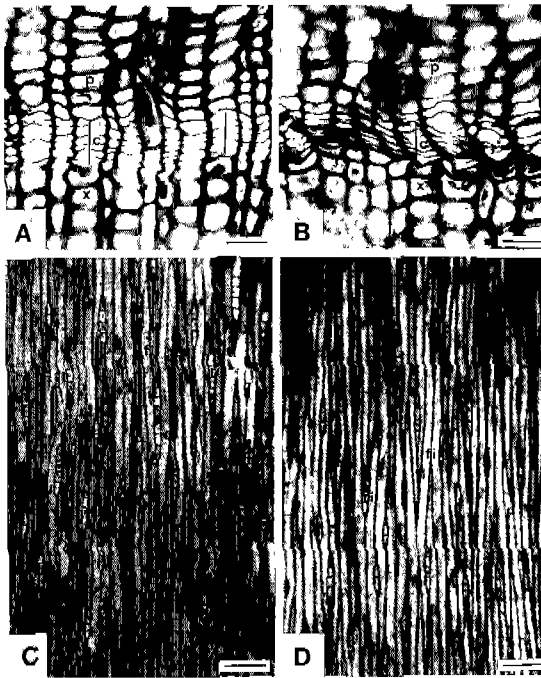


Fig. 8. Cross (A, B, Bars=29  $\mu$ m) and tangential (C, D, Bars=94  $\mu$ m) sections of cambium in stem of *Pinus koraiensis*. The cambial zone of normal tree (A) is wider than that of dwarf tree (B). A, C, normal trees. B, D, dwarf trees. P, phloem; C, cambial zone; X, secondary xylem; fi, fusiform initials; ri, ray initials.

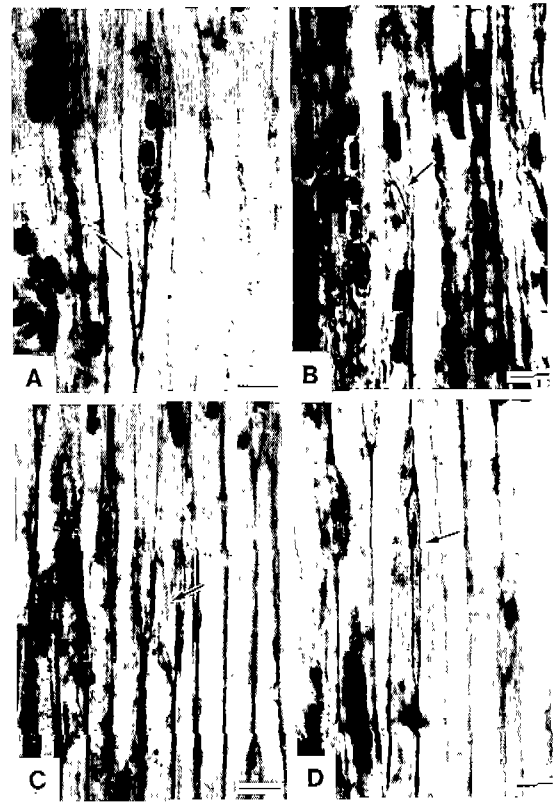


Fig. 9. Tangential sections of normal stem of *Pinus koraiensis* showing anticlinal division during the differentiation from cambial initials into secondary xylem. Bars=29  $\mu$ m. A-C, pseudotransverse division; D, lateral longitudinal division.

처리구의 값을 T-검정한 결과 5월과 7월에 5% 유의차를 보였고, 8월부터 11월까지 1% 유의차를 나타냈다. 假導管의 길이는 3월에서 6월까지 濕生個體나 乾生個體 모두 일정 크기를 유지했고, 7월부터 11월까지 濕生個體는 지속적으로 신장되는 양상을 보였다. 乾生個體에서는 7월과 8월에 다소 신장되었으나 9월부터 감소한 양상을 보였다. 또한 11월에 채취한 각 마디사이의 줄기부분에서 假導管의 길이를 측정 한 값도, 濕生個體(887.9-1145.0  $\mu$ m)쪽이 乾生個體(872.3-1016.5  $\mu$ m)보다 더 길게 나타났다(Fig.11). 각 부분을 T-검정한 결과 정아 아래 5cm 부위를 제외한 모든 곳에서 1%의 유의차를 보였다. 정단부에서 기부쪽으로 가면서 각 절간의 假導管 길이는 濕生個體에서 계속 증가하다가 맨 아래 마디에서 다소 감소하였으나 乾生個體에서는 두번째 마디에서 가장 길게 신장됐다가 기부로 가면서 계속 감소 되는 양상을 보였다.

월별 채취한 절편에서 紡錘形原始細胞의 길이를 측정 한 결과 濕生個體(742.5-1003.9  $\mu$ m)가 乾生個體(690.4-933.3  $\mu$ m)보다 더 길게 나타났다(Fig. 12). 여기서 T-검정 결과 6, 7, 8월을 제외한 나머지 달에서 모두 1%의 유의차를

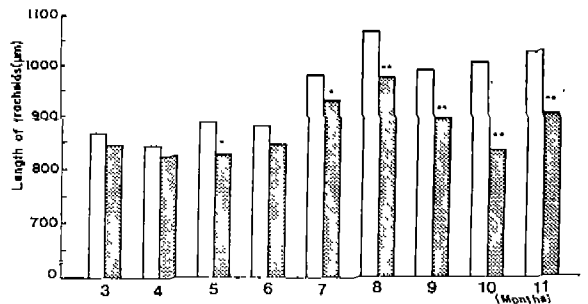


Fig. 10. Variation in length of tracheids in *Pinus koraiensis* during one growing season. □, water supply trees; ▨, water deficit trees; \*, 5% significant level; \*\*, 1% significant level.

나타냈다. 紡錘形原始細胞의 길이는 濕生個體나 乾生個體 모두 3월에서 6월까지의 적었고, 7월부터 11월까지에서 濕生個體의 것은 계속 신장됐지만 乾生個體의 것은 7, 8

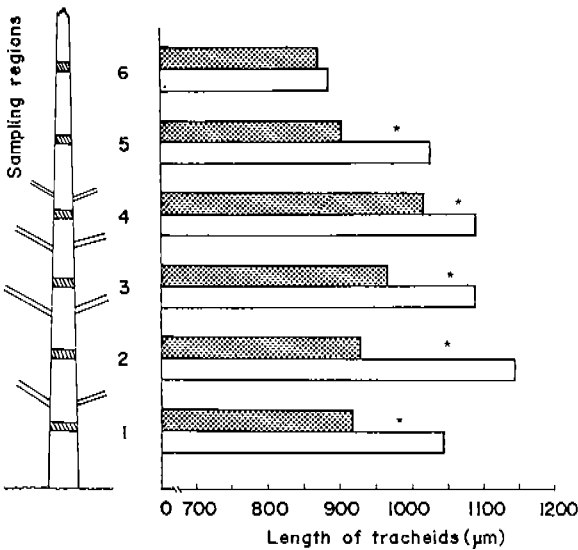


Fig. 11. Variation in length of tracheids of sampling regions in *Pinus koraiensis*. □, water supply trees; ▨, water deficit trees; ★, 1% significant level.

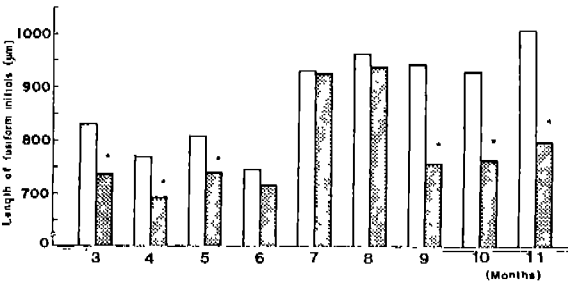


Fig. 12. Variation in length of fusiform initials in *Pinus koraiensis* during one growing season. □, water supply trees; ▨, water deficit trees; ★, 1% significant level.

월의 급속한 신장이 있을 후 급속히 감소해서 9월에서 11월까지 길이가 감소된 특징을 보였다.

세포수로 측정된 방사 조직의 높이에 있어 濕生個體(7.2개)는 乾生個體(6.8개)보다 약간 더 높게 나타났으나 유의차는 없었다(Table 1).

### 考 察

頂端部の 신장이나(Fig. 2) 樹幹의 肥大生長으로 형성된 年輪幅과 假導管의 수 그리고 放射直徑의 경우 모두 濕生個體가 乾生個體보다 크게 나타났다(Figs. 3-6). 이는 이른봄 형성층의 활동의 재개와 관련이 있고, 형성층세포는 수분을 흡수해서 급속히 신장하고 난 후 병충분열을 하는 것으로

보고 된바와 같이(Esau, 1977), 수분결핍 기간이 지속되면 신장생장의 지연과 더불어 形成層의 활동력이 둔화되어(Larson, 1963) 한 성장기간동안의 방사생장도 둔화되는 것으로 사료된다.

假導管의 접선직경은 濕生個體와 乾生個體가 비슷하였으나 접선벽 비후는 乾生個體에서 더 후벽이었다(Table 1). 이러한 결과는 빠른 肥人生長으로 인한 둘레증가과정에서 부족되는 세포가 紡錘形原始細胞의 垂層分裂에 의해 보충되므로(Philipson *et al.*, 1971), 거의 일정한 접선직경을 보여주는 것으로 나타났다. 그러나 水分스트레스를 받은 乾生個體는 세포내 팽압감소와 정단분열조직의 활동력이 일시적으로 감소될 뿐만 아니라 옥옥신 함성도 감소됨으로써(Davenport *et al.*, 1977, 1980) 細胞伸長과 細胞分裂의 頻도가 낮아져(Larson, 1963) 새로 형성된 假導管은 濕生個體의 것에 비해 상대적으로 사부근처에 위치해서 장기간동안 벽합성을 하므로 더욱 厚壁을 갖게 된다는(Whitmore and Zahner, 1967) 견해와 일치한다.

形成層原始細胞의 分化는 垂層分裂에 의한 原始細胞의 증가와 竝層分裂에 의한 二期木部가 増與되는 肥大生長 그리고 生長조절 물질 등의 내적요인에 의한 조절로 구분할 수 있다. 동일 연분내에서 濕生個體는 乾生個體보다 形成層原始細胞의 더 높은 垂層分裂 頻度, 더 많은 消失率 그리고 더 큰 貫入生長率을 나타내었으며, 形成層帶의 방사 배열 세포 수도 더 많음을 알 수 있었다(Fig. 7, Table 1). 이러한 사실은 좋은 환경조건에서 자란 濕生個體에서 假導管 세포벽의 伸長으로 水分흡수가 용이하게 됨으로써 물질의 투과성을 증가시켜 활발한 대사작용이 수행되고 그 결과 形成層原始細胞가 왕성하게 활동하여 더욱 많은 竝層分裂을 함으로써 乾生個體에 비해 한 生長 기간동안 더 많은 둘레 증가를 하게 되며(Figs. 3, 4), 그 결과 濕生個體에서 乾生個體보다 더 많은 垂層分裂 頻도를 갖는 것으로 사료된다. 한편 個體내에서 垂層分裂 頻도가 높으면 娘細胞의 길이는 감소되는 傾向이 있는 반면에 頻도가 낮으면 세포길이를 길게 하는 것으로 보고된 바 있다(Bannan, 1951; Evert, 1961). 그러나 形成層原始細胞의 분열로 인해 생성된 낭세포는 팽창과 伸長이 일어난 다음 세포벽 비후의 단계를 거쳐서 성숙한 假導管으로 전환되기 때문에(Ford *et al.*, 1978) 原始細胞의 垂層分裂이 많음에도 불구하고 垂層分裂로 형성된 娘細胞가운데 짧은 原始細胞의 소실로 인하여 인접한 原始細胞의 신속한 貫入生長이 일어남으로써 二期木部요소들의 길이 감소가 수반되지 않는데 그 원인이 있다는 보고와 일치한다(Bannan and Bailey, 1956; Philipson *et al.*, 1971). 結果적으로 貫入生長은 목부요소의 分化과정에서 細胞伸長을 통하여 일어난다고 되며, 貫入生長이 일어나는 기작은 세포벽의 구조상 變化에 영향을 미치는 여러가지 요인이 관련된 것으로 보인다.

紡錘形原始細胞 길이의 경우 濕生個體는 乾生個體보다 길게 나타났는데(Fig. 12), 이는 濕生個體에서 정단분열조직과 形成層의 활동력이 乾生個體의 것보다 모두 커서 紡錘形原始細胞의 길이가 더 긴 것으로 사료된다. 그리고 兩個體 모두 당년생장한 형성층대에서 紡錘形原始細胞의 길이를 볼 때(Fig. 12), 濕生個體에서는 정단분열조직의 활동력이 큰 6월까지 활발한 伸長 生長과 形成層의 활발한 增幅分裂로 많은 細胞數가 형성되는 肥大生長이 일어났기 때문에 다소 짧은 紡錘形原始細胞를 갖지만 7월부터는 정단분열조직의 활동력이 저조하여 느린 頂端生長을 하고 肥人生長하는 細胞數가 초기에 비해 감소되어 細胞 伸長기간이 길어서 더 긴 紡錘形原始細胞를 갖는 것으로 사료된다(Bannan, 1950; Evert, 1961; Bisset and Dadswell, 1949; Dinwoodie, 1963). 한편, 乾生個體에서는 紡錘形原始細胞의 길이 변이 양상이 일정하지 않았고 정단伸長이 일시적으로 멈추는 7월과 8월에 그 길이가 가장 길었으나 9월부터는 길이가 감소되었는데 이것은 계속된 水分 결핍이 形成層 활동의 감소와 여러 생리적 반응들을 유발시키는데 기인되는 것으로 사료된다.

假導管의 길이는 시기별 및 부위별로 測定한 結果, 乾生個體보다 濕生個體에서 더 길며(Figs. 7, 8) 기 보고된 연구 結果와 일치하는 傾向이다(Baas et al., 1983, 1984; Taylor, 1974; 林과 蘇, 1991). 이처럼 가도관의 길이 변이에 대한 많은 연구보고가 2기목부의 경세성 때문에 이루어졌으나 그 원인이 어떻게 유발되는가에 대한 연구는 거의 보고된 바 없다(林, 1989).

細胞數로 測定한 放射組織의 높이는 주축요소들의 伸長生長에 영향을 미치는 것으로 보고된 바 있으나(Baas et al., 1983, 1984; Taylor, 1974), 본 연구에서는 처리구간 유의차를 보이지 않았으며 또한 환경조건과 연관된 연구의 부족으로 더욱 많은 수종을 대상으로 연구 검토되어야 할 문제인 것으로 사료된다.

결론적으로, 외적 수분결핍 요인에 기인한 矮小生長은 정단분열조직의 활동력을 감소시킬 뿐 아니라 光合成量이나 生長호르몬 대사의 감소를 일으킴으로써 形成層 활동을 억제한다. 이와 같은 복합된 요인들로 인해서 감소된 形成層 활동력은 紡錘形原始細胞 자체의 길이 감소를 유발하고 또한 紡錘形原始細胞의 貫入生長率을 저하시킨다. 따라서 乾生個體에서 가도관의 길이 감소의 원인은 形成層原始細胞 자체의 길이 감소와 형성층원시세포로부터 가도관세포로 분화되는 과정에서의 貫入生長率이 둔화됨으로써 나타나고 결국 植物體의 矮小生長을 유발하게 되는 것으로 사료된다. 이상과 같이 인위적으로 水分스트레스를 받은 個體는 자연상태에서 환경스트레스를 받고 자란 矮小個體(林, 1989)와 일치된 결과를 보였으므로 여러가지 環境要因중 水分이 수목의 木部 구조 변이를 유발시키는

하나의 중요한 요인일 것으로 판단된다.

要 約

인위적으로 水分 스트레스를 받은 잣나무(*Pinus koraiensis*)의 矮小生長의 원인을 알아보기 위해서 木部要素와 形成層原始細胞의 구조적 變化를 觀察하였다. 假導管의 길이와 벽비후가 濕生個體보다 乾生個體에서 더 짧고 더 후벽이었다. 形成層原始細胞의 莖層分裂로 肥大生長한 結果 동일 年輪의 放射幅과 細胞數도 濕生個體보다 乾生個體에서 더 좁고 더 적게 나타났다. 木部와 形成層帶를 연속 접선절편을 만들어 觀察한 結果, 동일 연륜별 形成層原始細胞의 垂層分裂頻도와 形成層原始細胞로부터 木部細胞로 分化도중 原始細胞의 消失된 數가 濕生個體보다 乾生個體에서 더 낮고, 더 적었다. 그리고 濕生個體에서 보다 乾生個體에서 形成層原始細胞 자체의 길이가 짧았고, 形成層原始細胞로부터 목부세포로 分化되는 동안 形成層原始細胞의 貫入生長은 矮小生長을 한 個體에서 저조했다. 따라서 乾生個體의 假導管의 길이가 짧은 이유는 形成層原始細胞 자체가 짧고, 또한 分化過程에서 貫入生長이 저조했기 때문으로 해석된다. 이와 같은 結果는 자연상태에서의 乾生個體와 인위적으로 水分스트레스를 받은 個體에서 비슷하게 나타났으므로, 矮小生長을 한 수목의 木부구조 변이를 誘發한 要因은 水分이 하나의 중요한 요인일 것으로 판단된다.

參 考 文 獻

Baas, P., E. Werker and A. Phan. 1983. Some ecological trends in vessel characters. *IAWA Bull. n.s.* 4: 141-159.  
 Baas, P., L. Chenglee, Z. Xinying, C. Keming and D. Yuefen. 1984. Some effects of dwarf growth on wood structure. *IAWA Bull. n.s.* 5: 45-63.  
 Bannan, M.W. 1950. The frequency of anticlinal divisions in fusiform cambial cells of *Chamaecyparis*. *Am. J. Bot.* 37: 511-519.  
 Bannan, M.W. 1951. The annual cycle of size changes in the fusiform cambial initials of *Chamaecyparis* and *Thuja*. *Can. J. Bot.* 29: 421-437.  
 Bannan, M.W. and I.L. Bailey. 1956. Cell size and survival in conifer cambium. *Can. J. Bot.* 34: 769-776.  
 Berlyn, G.P. and J.P. Miksche. 1976. Botanical Microtechnique and Cytochemistry. The Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa. p. 128.  
 Bisset, I.J.W. and H.E. Dadswell. 1949. The variation of fiber length within one tree of *Eucalyptus regnans*. *Aust. For.* 13: 86-96.  
 Bissing, D.R. 1982. Variation in qualitative anatomical featu-

- res of the xylem of selected dicotyledonous woods in relation to water availability. *Bull. Torrey Bot. Club.* **109**: 371-384.
- Carlquist, S. 1975. Ecological Strategies of Xylem Evolution. Berkeley, Los Angeles and London. Univ. of California Press. pp. 83-227.
- Carlquist, S. 1977. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. *Am. J. Bot.* **64**: 887-896.
- Davenport T.L., P.W. Morgan and W.R. Jordan. 1977. Auxin transport as related to leaf abscission during water stress in cotton. *Plant Physiol.* **59**: 554-557.
- Davenport, T.L., P.W. Morgan and W.R. Jordan. 1980. Reduction of auxin transport capacity with age and internal water deficits in cotton petioles. *Plant Physiol.* **65**: 1023-1025.
- Dinwoodie, J.M. 1963. Variation in tracheid length in *Picea sitchensis* Carr. Forest Products Research. Special Report No. 16. pp. 1-55.
- Esau, K. 1977. Anatomy of Seed Plants. John Wiley and Sons, New York. pp. 153-154.
- Evert, R.F. 1961. Some aspects of cambial development in *Pyrus communis*. *Am. J. Bot.* **48**: 479-488.
- Fahn, A. 1964. Some anatomical adaptations of desert plants. *Phytomorphology* **14**: 93-102.
- Ford, E.D., A.W. Robards and M.D. Piney. 1978. Influence of environmental factors on cell production and differentiation in the early wood of *Picea sitchensis*. *Ann. Bot.* **42**: 683-692.
- Forsyth, C.C. 1920. Anatomical reduction in some alpine plants. *Ecology* **1**: 124-137.
- Larson, P.R. 1963. The indirect effect of drought on tracheid diameter in red pine. *Forest. Sci.* **9**: 52-62.
- Lawton, R.O. 1984. Ecological constraints on wood density in a tropical montane rain forest. *Am. J. Bot.* **71**: 261-267.
- 林東沃. 1989. 矮小生長을 한 植物의 木材에 대한 解剖學的 研究. 全北大學校 博士學位論文. 98p.
- 林東沃, 蘇雄永. 1991. 數 種의 木本植物에 있어서 正常 및 矮小個體의 二期木部의 比較解剖. 韓國植物學會誌 **34**: 9-18
- Oever, L.van den, P. Baas and M. Zandee. 1981. Comparative wood anatomy of *Symplocococcus* and latitude and altitude of provenance. *IAWA Bull. n.s.* **2**: 3-24.
- Philipson, W.R. and B.G. Butterfield. 1967. A theory on the causes of size variation in wood elements. *Phytomorphology* **17**: 155-159.
- Philipson, W.R., J.M. Ward and B.G. Butterfield. 1971. The vascular cambium -its development and activity-. Chapman and Hall LTD. pp. 1-75.
- Taylor, F.W. 1974. Differences in the wood of *Eucalyptus grandis* grown in different parts of South Africa. *South African Forestry J.* **91**: 14-18.
- Whitmore, F.W. and R. Zahner. 1967. Evidence for a direct effect of water stress in the metabolism of cell wall in *Pinus*. *Forest Sci.* **13**: 397.

(1992. 9. 28 接受)