

樹木의 水分特性에 關한 生理·生態學的 解析(X)^{1*}

- 落葉 闊葉樹 21種의 相對水分通導性的 比較 -

韓相燮²·金宣惠²·李明鎭²

Ecophysiological Interpretations on the Water Relations Parameters of Trees(X)^{1*}

- The Characteristics of Relative Conductivity
in the Twenty-one Deciduous Broad-Leaved Species -

Sang Sup Han², Sun Hee Kim² and Myong Jong Yi²

要 約

이 研究는 우리 나라 主要 落葉 闊葉樹 21種에 대하여 樹木의 줄기, 가지, 分枝部分과 頂端部 1年 生 主幹과 側枝 등의 相對水分通導性을 測定하여 水分通導性的 部位別 特性을 比較하였다.

1. 闊葉樹 21種의 相對水分通導性은 $3.18 \times 10^{-15} \sim 1.23 \times 10^{-10} \text{ m}^2$ 의 폭넓은 범위 내에 분포하였고, 樹種別, 樹體의 部位別로 다르게 나타났다.
2. 散孔材 8樹種의 部位別 平均 相對水分通導性은 줄기가 $3.49 \times 10^{-13} \sim 6.35 \times 10^{-11} \text{ m}^2$, 가지가 $4.89 \times 10^{-13} \sim 2.99 \times 10^{-11} \text{ m}^2$, 分枝部分이 $1.33 \times 10^{-13} \sim 9.42 \times 10^{-12} \text{ m}^2$ 였고, 環孔材 13樹種은 줄기가 $7.14 \times 10^{-13} \sim 4.76 \times 10^{-11} \text{ m}^2$, 가지가 $2.93 \times 10^{-13} \sim 3.91 \times 10^{-11} \text{ m}^2$, 分枝部分이 $1.41 \times 10^{-13} \sim 9.20 \times 10^{-12} \text{ m}^2$ 의 범위를 나타냈다.
3. 줄기의 直徑別 相對水分通導性에 있어서, 散孔材 8樹種은 줄기의 直徑 크기와 相對水分通導性과의 相關關係가 없는 것으로 나타났으며, 다른나무와 들메나무를 제외한 環孔材 11樹種은 모두 줄기의 直徑이 작아질수록 相對水分通導性이 커지는 경향이 뚜렷하였다.
4. 闊葉樹 5種에 있어서 頂端部 1年 生 主幹 및 側枝의 相對水分通導性은 主幹이 $4.87 \times 10^{-13} \sim 8.41 \times 10^{-11} \text{ m}^2$ 이고, 側枝가 $7.93 \times 10^{-14} \sim 2.01 \times 10^{-11} \text{ m}^2$ 의 범위를 보였으며, 頂端主幹(leaders)이 頂端側枝(adjacent laterals)보다 1.5~8배 정도로 크게 나타나, 樹木의 頂端主幹은 頂芽優勢와 같은 水力的 優勢(hydraulic dominance)를 보였다.

ABSTRACT

This study was carried out to compare the characteristics of relative conductivity(RC) in the twenty-one deciduous broad-leaved species.

The results obtained were summarized as follows :

1. The RC ranged from 3.18×10^{-15} to $1.23 \times 10^{-10} \text{ m}^2$ in deciduous broad-leaved species, and appeared different values in various portions of a tree and species.
2. In eight diffuse-porous species, the ranges of average RC were 3.49×10^{-13} to $6.35 \times 10^{-11} \text{ m}^2$ in stems, 4.89×10^{-13} to $2.99 \times 10^{-11} \text{ m}^2$ in branches, and 1.33×10^{-13} to $9.42 \times 10^{-12} \text{ m}^2$ in junction part

¹ 接受 1998年 1月 13日 Received on January 13, 1998.

² 江原大學校 山林科學大學 林學科 Department of Forestry, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea.

* 本 研究는 1996年度 韓國學術振興財團 自由公募課題 研究費 支援에 의하여 이루어진 것임(과제번호 : 01G0021)

between stem and branch. In thirteen ring-porous species, the RCs were 7.14×10^{-13} to 4.76×10^{-11} m² in stems, 2.93×10^{-13} to 3.91×10^{-11} m² in branches, and 1.41×10^{-13} to 9.20×10^{-12} m² in junction part.

3. The RC and diameter of stem have no interrelation in eight diffuse-porous species. The RC of stem increased with decreasing diameter of stem in eleven ring-porous species except *Fraxinus mandshurica* and *Maackia amurensis*.
4. In five deciduous broad-leaved species, the RC of 1-year-old shoots(the leader and adjacent laterals) ranged from 4.87×10^{-13} to 8.41×10^{-11} m² in the leaders, and 7.93×10^{-14} to 2.01×10^{-11} m² in the adjacent laterals. The RCs were much greater in the leaders than in the adjacent laterals because of the hydraulic dominance of the leader shoot.

Key words : relative conductivity(RC), twenty-one deciduous broad-leaved species, diffuse-porous species, ring-porous species, hydraulic dominance

緒 論

樹木의 生長에 필요한 물은 토양으로부터 根毛로 흡수되어 木部組織(導管 또는 假導管)을 통하여 葉까지, 그리고 葉의 蒸散에 의해 大氣로 수송된다. 따라서 林木의 水分 移動은 SPAC(soil-plant-atmosphere continuum) 環境을 통해 일어나며, SPAC 內의 水分 移動에 있어서는 토양 중의 저항, 토양-뿌리로의 저항, 식물체내 뿌리-줄기-가지-잎의 木部에서의 저항, 잎-대기로의 저항 등 水分移動抵抗이 반드시 발생된다(Hinckley 등, 1978; Running, 1980). 이 때 樹木의 경우, 地上部 木部組織의 水分通導抵抗이 전체의 50% 또는 그 이상에 달하기 때문에 樹木의 水分 移動은 줄기의 水分通導抵抗에 따라서 큰 영향을 받는다(Running, 1980).

이러한 水分 移動의 기본적인 원리와 메커니즘은 초본이나 목본에 있어서 같다고 볼 수 있으나, 초본의 경우 水分 移動에 대한 식물체의 저항이 작고, 식물체 총저항에서 차지하는 잎과 뿌리의 저항 비율이 크다. 그러나 목본식물의 水分 移動은 줄기의 水分通導抵抗에 큰 영향을 받는다(Landsberg 등, 1976; Roberts, 1977, 1978; Running, 1980; 池田과 須崎, 1981). 따라서 樹木의 줄기와 가지의 水分通導성에 관하여 정확한 정보를 파악한다는 것은 樹木의 水分 移動의 메카니즘, 植栽에 따른 枯死 防止, 그리고 山林 전체의 水分 動態의 파악에도 중요하다. 특히 樹木은 水分 移動에 관계하는 木部組織의 構造가 樹種別로 매우 다르기 때문에 水分通導성에 대한

연구는 각 樹種의 水分 生理의 特性을 밝히는데 매우 중요하다.

따라서, 이 연구에서는 고로쇠나무, 복자기, 자작나무, 박달나무, 층층나무, 들메나무, 물푸레나무, 음나무, 다릅나무, 참오동나무, 현사시, 산벚나무, 상수리나무, 갈참나무, 떡갈나무, 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무, 피나무, 느릅나무, 느티나무 등 우리 나라 主要 落葉 闊葉樹 21種에 대하여 樹木의 줄기, 가지, 分枝部分과 頂端部 1年生 主幹과 側枝 등의 부위에 있어서 相對水分通導성을 측정하여 樹體 部位別 및 樹種別 特性을 비교 고찰하고자 한다.

材料 및 方法

1. 材料

실험 재료는 江原大學校 山林科學大學 附屬演習林(春川市 東山面 鳳鳴里, 洪川郡 北方面 北方里)과 江原大學校 構內林의 天然 闊葉樹林를 대상으로 21種의 闊葉樹(고로쇠나무, 복자기, 자작나무, 박달나무, 층층나무, 들메나무, 물푸레나무, 음나무, 다릅나무, 참오동나무, 현사시, 산벚나무, 상수리나무, 갈참나무, 떡갈나무, 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무, 피나무, 느릅나무, 느티나무)를 각각 5본씩 선발, 총 105본을 사용했다. 단, 들메나무, 느티나무와 자작나무의 경우는 造林地에서 실험목을 선정하여 사용하였으며, 참오동나무는 인가 부근에 식재된 것을 사용하였다. 또한 실험목은 胸高直徑을 기준으로 하여 선발하였으며, 闊葉樹 21種의 실험목에 대한 胸高, 胸高直徑과 樹齡을 Table 1에 나타냈다.

Table 1. The characteristics of sample trees.

Species	Height (m)	DBH (cm)	Age (year)
<i>Acer mono</i>	6.5~11.8	5.0~ 9.0	27~41
<i>A. triflorum</i>	6.4~ 6.8	5.4~ 8.1	17~26
<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	6.2~ 8.4	5.3~ 6.2	19
<i>B. schmidtii</i>	11.7~11.8	6.4~ 9.9	26~28
<i>Cornus controversa</i>	10.0~11.2	6.6~ 8.4	18~25
<i>Fraxinus mandshurica</i>	5.7~ 8.6	3.8~ 6.5	16
<i>F. rhynchophylla</i>	4.7~11.0	3.0~10.0	17~30
<i>Kalopanax pictus</i>	4.9~ 9.8	4.2~ 5.8	14~27
<i>Maackia amurensis</i>	9.8~15.0	7.3~13.0	36~43
<i>Paulownia tomentosa</i>	4.0~ 7.4	4.1~ 7.6	10~15
<i>Populus alba</i> × <i>P. glandulosa</i>	7.2~ 8.9	7.6~ 9.2	17~20
<i>Prunus sargentii</i>	10.6~11.7	6.8~10.2	31~34
<i>Quercus acutissima</i>	6.0~ 7.2	6.4~ 9.0	19~26
<i>Q. aliena</i>	5.7~ 7.8	6.6~ 9.8	16~21
<i>Q. dentata</i>	8.9~ 9.1	7.6~ 8.5	22~32
<i>Q. mongolica</i>	7.2~ 9.4	7.0~ 8.8	21~28
<i>Q. serrata</i>	8.9~11.5	6.7~ 9.7	19~27
<i>Q. variabilis</i>	6.3~ 7.3	4.9~ 6.4	15~18
<i>Tilia amurensis</i>	7.6~10.0	5.8~ 6.9	29~31
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	7.3~11.9	6.5~11.4	26~32
<i>Zelkova serrata</i>	4.7~ 6.2	4.0~ 5.8	17

2. 測定方法

1) 水分通導性 測定을 위한 試料 採取

실험목은 절단 후 蒸散에 따른 負壓에 의해 切斷部로 공기가 吸入되어 導管이 막히는 현상 (embolism)을 막기 위해 이른 아침 地上部 0.2 m 높이에서 줄기를 切斷하였고, 그 즉시 切斷部를 물이 담긴 水槽나 비닐 백에 담아 水分을 계속 공급하였다. 그 후 자른 실험목을 넓은 공터로 옮겨 줄기, 가지, 分枝部分과 頂端部 1年生 主幹과 側枝 등의 실험할 부위를 선정하여 꼬리표를 달고 部位別로 30cm 길이로 試料를 잘라 즉시 물에 넣어 실험실로 옮겼다.

2) 相對水分通導性 測定

樹木의 木部組織에 있어 물이 얼마나 쉽게 통과하느냐의 크기를 水分通導性(hydraulic conductivity)이라고 하며, 보통 水分通導性의 크기는 試料(줄기 또는 가지)의 일정한 길이와 橫斷面積을 통과한 水量을 측정시간으로 나타낸 것이며, 일반적으로 相對水分通導性(relative conductivity, RC)이라 한다(Heine, 1971; Ikeda와 Suzaki, 1984; 池田, 1984a, b).

相對水分通導性은 Fig. 1과 같은 장치를 사용하여 측정하였다.

시료는 일정한 길이(9~20cm)로 兩斷面을 다시 자르고, 시료의 상부에는 물이 담긴 원통을, 하부에는 진공펌프(ADC, 英國製)에 연결된 감압플라스크를 설치하여 일정한 흡입압력(71596 N·m⁻²)을 주어 일정 시간당 시료를 통과하는 通水量을

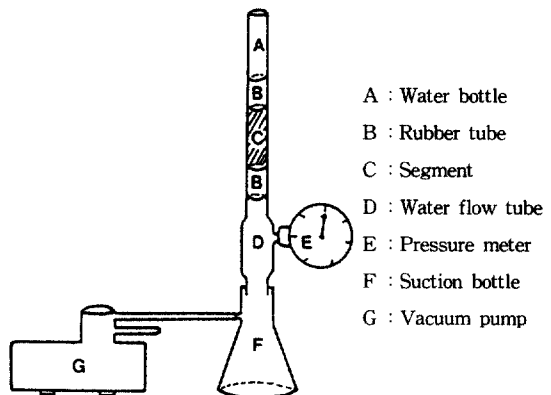


Fig. 1. An apparatus for measuring the relative conductivity.

측정하여 다음의 (1)식에 의하여 相對水分通導性을 구하였다.

$$K = \frac{QL\eta}{t \cdot \Delta PA} \dots\dots\dots(2)$$

여기서, K: 相對水分通導性(m²), L: 切斷試料의 길이(m), Q: 通水量(m³), η: 물의 粘度(N·s·m⁻²), t: 測定時間(s), ΔP: 吸引力(N·m⁻²), A: 切斷試料의 兩橫斷面積의 平均值(m²)이다 (Jarvis, 1975).

結果 및 考察

1. 部位別 相對水分通導性

闊葉樹 21種의 相對水分通導性은 3.18×10⁻¹⁵ ~ 1.23×10⁻¹⁰ m²의 폭넓은 범위 내에 분포하였으며, 環孔材와 散孔材 樹種別로 약간의 차이를 나타냈다. 또한 樹木의 줄기, 가지, 分枝部分 등 部位別 相對水分通導性도 다르게 나타났다.

각 樹種別 줄기, 가지, 分枝部分의 平均 相對水分通導性을 散孔材 樹種과 環孔材 樹種으로 나누어 Table 2, 3에 나타냈다.

散孔材 8 樹種에 대한 相對水分通導性의 平均 값은 줄기가 3.49×10⁻¹³ ~ 6.35×10⁻¹¹ m², 가지가 4.89×10⁻¹³ ~ 2.99×10⁻¹¹ m², 分枝部分이 1.33×10⁻¹³ ~ 1.43×10⁻¹¹ m²였으며(Table 2), 環孔材 13 樹種의 경우는 줄기의 平均 相對水分通導性이 7.14×10⁻¹³ ~ 2.89×10⁻¹¹ m², 가지가 2.93×10⁻¹³ ~ 1.52×10⁻¹¹ m², 分枝部分이 1.41×10⁻¹³ ~ 8.10×10⁻¹² m²로 나타났다(Table 3). 이처럼 闊葉樹

의 部位別 相對水分通導性은 散孔材 樹種과 環孔材 樹種 모두 줄기에서 가장 컸으며, 다음 가지, 分枝部分의 순위였다. 일반적으로 대부분의 樹木은 이러한 경향을 나타낸다고 하는 Ikeda와 Suzuki(1984)의 보고와 일치하지만, 일부 樹種에 있어서는 다른 경향을 나타내는 것도 있었다.

散孔材 樹種 중 고로쇠나무와 복자기, 環孔材 樹種 중 물푸레나무, 졸참나무와 느티나무의 경우는 가지의 相對水分通導性이 줄기보다 크게 나타나 반대의 경향을 보였으며, 박달나무와 산벚나무는 줄기와 가지의 相對水分通導性이 비슷하였다. 특히 물푸레나무의 平均 相對水分通導性은 줄기가 1.06×10⁻¹² m², 가지가 2.60×10⁻¹² m²이고, 졸참나무의 平均 相對水分通導性은 줄기가 5.48×10⁻¹² m², 가지가 1.52×10⁻¹¹ m²이며, 느티나무는 줄기가 1.34×10⁻¹² m², 가지가 3.56×10⁻¹² m²로 이들 수종은 가지의 相對水分通導性이 줄기보다 평균 2.7배 정도의 큰 값을 보였다.

모든 樹種에 있어서 分枝部分의 相對水分通導性은 가장 작은 값을 나타냈으며, 分枝角이나 分枝의 直徑, 分枝形態에 따라서 값의 차이를 나타냈다. 이는 分枝部分에 있어서의 導管直徑과 單位面積當 導管數의 減少 등 木材 解剖學의 要素의 水力的 壓縮(hydraulic pressure)에 의한 것으로 사료된다(Ikeda와 Suzuki, 1984; 池田, 1984a).

조사된 樹種의 전체적인 水分通導能力을 相對水分通導性의 기준으로 비교하면, 散孔材 樹種 중 단풍나무屬인 고로쇠나무가 7.69×10⁻¹³±6.47×10⁻¹³ m²이고 복자기가 3.73×10⁻¹³±3.76×10⁻¹³ m²로서 낮은 相對水分通導性을 나타내 다른 樹

Table 2. Mean value of relative conductivity of stem, branch and junction part between stem and branch in diffuse-porous species.

Species	Relative conductivity (m ²)			
	Stem	Branch	Junction part	Mean
<i>Acer mono</i>	6.40×10 ⁻¹³ ±4.86×10 ⁻¹³	1.21×10 ⁻¹² ±0.68×10 ⁻¹²	2.61×10 ⁻¹³ ±1.90×10 ⁻¹³	7.69×10 ⁻¹³ ±6.47×10 ⁻¹³
<i>A. triflorum</i>	3.49×10 ⁻¹³ ±4.35×10 ⁻¹³	4.89×10 ⁻¹³ ±3.31×10 ⁻¹³	1.33×10 ⁻¹³ ±1.66×10 ⁻¹³	3.73×10 ⁻¹³ ±3.76×10 ⁻¹³
<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	5.75×10 ⁻¹² ±2.13×10 ⁻¹²	3.84×10 ⁻¹² ±0.47×10 ⁻¹²	1.38×10 ⁻¹² ±0.85×10 ⁻¹²	4.57×10 ⁻¹² ±2.18×10 ⁻¹²
<i>B. schmidtii</i>	3.34×10 ⁻¹² ±1.72×10 ⁻¹²	3.44×10 ⁻¹² ±0.95×10 ⁻¹²	2.09×10 ⁻¹² ±0.98×10 ⁻¹²	3.26×10 ⁻¹² ±1.40×10 ⁻¹²
<i>Cornus controversa</i>	6.35×10 ⁻¹¹ ±2.83×10 ⁻¹¹	2.99×10 ⁻¹¹ ±1.01×10 ⁻¹¹	1.43×10 ⁻¹¹ ±0.61×10 ⁻¹¹	3.80×10 ⁻¹¹ ±2.59×10 ⁻¹¹
<i>Populus alba</i> × <i>P. glandulosa</i>	2.48×10 ⁻¹² ±1.31×10 ⁻¹²	1.45×10 ⁻¹² ±1.25×10 ⁻¹²	4.06×10 ⁻¹³ ±2.73×10 ⁻¹³	1.53×10 ⁻¹² ±1.36×10 ⁻¹²
<i>Prunus sargentii</i>	2.38×10 ⁻¹² ±1.22×10 ⁻¹²	2.11×10 ⁻¹² ±1.23×10 ⁻¹²	8.33×10 ⁻¹³ ±3.80×10 ⁻¹³	2.11×10 ⁻¹² ±1.25×10 ⁻¹²
<i>Tilia amurensis</i>	1.03×10 ⁻¹¹ ±1.15×10 ⁻¹¹	7.67×10 ⁻¹² ±8.93×10 ⁻¹²	9.42×10 ⁻¹² ±8.45×10 ⁻¹²	9.21×10 ⁻¹² ±10.32×10 ⁻¹²

* ± : standard error

Table 3. Mean value of relative conductivity of stem, branch and junction part between stem and branch in ring-porous species.

Species	Relative conductivity (m ²)			
	Stem	Branch	Junction part	Mean
<i>Fraxinus mandshurica</i>	$5.63 \times 10^{-12} \pm 1.10 \times 10^{-12}$	$3.74 \times 10^{-12} \pm 0.63 \times 10^{-12}$	$1.12 \times 10^{-12} \pm 0.23 \times 10^{-12}$	$3.94 \times 10^{-12} \pm 0.57 \times 10^{-12}$
<i>F. rhynchophylla</i>	$1.06 \times 10^{-12} \pm 0.24 \times 10^{-12}$	$2.60 \times 10^{-12} \pm 0.35 \times 10^{-12}$	$3.96 \times 10^{-13} \pm 0.80 \times 10^{-13}$	$1.61 \times 10^{-12} \pm 0.29 \times 10^{-12}$
<i>Kalopanax pictus</i>	$3.78 \times 10^{-12} \pm 0.52 \times 10^{-12}$	$2.24 \times 10^{-12} \pm 0.30 \times 10^{-12}$	$6.18 \times 10^{-13} \pm 1.32 \times 10^{-13}$	$2.50 \times 10^{-12} \pm 0.28 \times 10^{-12}$
<i>Maackia amurensis</i>	$2.89 \times 10^{-11} \pm 0.44 \times 10^{-11}$	$1.10 \times 10^{-11} \pm 0.15 \times 10^{-11}$	$8.10 \times 10^{-12} \pm 2.46 \times 10^{-12}$	$1.80 \times 10^{-11} \pm 0.23 \times 10^{-11}$
<i>Paulownia tomentosa</i>	$5.53 \times 10^{-12} \pm 1.06 \times 10^{-12}$	$4.79 \times 10^{-12} \pm 1.09 \times 10^{-12}$	$2.52 \times 10^{-12} \pm 0.44 \times 10^{-12}$	$4.59 \times 10^{-12} \pm 0.60 \times 10^{-12}$
<i>Quercus acutissima</i>	$4.94 \times 10^{-12} \pm 1.00 \times 10^{-12}$	$3.22 \times 10^{-12} \pm 0.60 \times 10^{-12}$	$1.25 \times 10^{-12} \pm 0.49 \times 10^{-12}$	$3.58 \times 10^{-12} \pm 0.52 \times 10^{-12}$
<i>Q. aliena</i>	$8.98 \times 10^{-12} \pm 1.67 \times 10^{-12}$	$5.47 \times 10^{-12} \pm 1.00 \times 10^{-12}$	$5.44 \times 10^{-13} \pm 1.34 \times 10^{-13}$	$5.89 \times 10^{-12} \pm 0.96 \times 10^{-12}$
<i>Q. dentata</i>	$7.14 \times 10^{-13} \pm 1.45 \times 10^{-13}$	$2.93 \times 10^{-13} \pm 1.01 \times 10^{-13}$	$1.41 \times 10^{-13} \pm 0.34 \times 10^{-13}$	$4.65 \times 10^{-13} \pm 0.90 \times 10^{-13}$
<i>Q. mongolica</i>	$4.76 \times 10^{-12} \pm 0.94 \times 10^{-12}$	$3.91 \times 10^{-12} \pm 0.90 \times 10^{-12}$	$9.20 \times 10^{-13} \pm 0.78 \times 10^{-13}$	$3.62 \times 10^{-12} \pm 1.29 \times 10^{-12}$
<i>Q. serrata</i>	$5.48 \times 10^{-12} \pm 0.94 \times 10^{-12}$	$1.52 \times 10^{-11} \pm 0.17 \times 10^{-11}$	$3.66 \times 10^{-12} \pm 0.72 \times 10^{-12}$	$9.53 \times 10^{-12} \pm 1.10 \times 10^{-12}$
<i>Q. variabilis</i>	$4.42 \times 10^{-12} \pm 0.98 \times 10^{-12}$	$6.36 \times 10^{-13} \pm 1.22 \times 10^{-13}$	$1.35 \times 10^{-12} \pm 0.51 \times 10^{-12}$	$3.18 \times 10^{-12} \pm 0.67 \times 10^{-12}$
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	$8.45 \times 10^{-15} \pm 1.80 \times 10^{-15}$	$6.62 \times 10^{-15} \pm 1.64 \times 10^{-15}$	$3.20 \times 10^{-13} \pm 1.24 \times 10^{-13}$	$6.92 \times 10^{-15} \pm 1.09 \times 10^{-15}$
<i>Zelkova serrata</i>	$1.34 \times 10^{-12} \pm 0.24 \times 10^{-12}$	$3.56 \times 10^{-12} \pm 1.06 \times 10^{-12}$	$5.33 \times 10^{-13} \pm 2.65 \times 10^{-13}$	$2.35 \times 10^{-12} \pm 0.56 \times 10^{-12}$

※ ± : standard error

種에 비하여 水分通導能力이 떨어지는 樹種으로 사료되며, 이에 반하여 층층나무는 $3.80 \times 10^{-11} \pm 2.59 \times 10^{-11} \text{ m}^2$ 로 줄기, 가지와 分枝部分 등 樹體의 모든 部位에서 가장 높은 相對水分通導性을 나타내 散孔材 8樹種 중 水分通導能力이 가장 우수한 樹種으로 나타났다(Table 2).

環孔材 樹種의 경우, 떡갈나무의 相對水分通導性이 $4.65 \times 10^{-13} \pm 4.84 \times 10^{-13} \text{ m}^2$ 이고, 느릅나무가 $6.92 \times 10^{-13} \pm 8.06 \times 10^{-13} \text{ m}^2$ 로 다른 樹種에 비하여 水分通導能力이 낮은 樹種이었으며, 이에 반하여 다릅나무의 相對水分通導性은 $1.80 \times 10^{-11} \pm 1.77 \times 10^{-11} \text{ m}^2$ 이고 졸참나무가 $9.53 \times 10^{-12} \pm 8.49 \times 10^{-12} \text{ m}^2$ 로 水分通導能力이 다른 環孔材 樹種에 비하여 뛰어난 樹種으로 나타났다(Table 3).

2. 줄기의 直徑別 相對水分通導性

闊葉樹 21種에 있어서 줄기의 直徑別 相對水分通導性의 分布와 傾向을 散孔材 樹種과 環孔材 樹種으로 나누어 Fig. 2, 3, 4에 직선 함수로 나타냈다.

散孔材 8樹種(고로쇠나무, 북자기, 자작나무, 박달나무, 층층나무, 현사시, 산벚나무, 피나무)은 줄기의 直徑別 相對水分通導性의 分布 傾向이 각각 다르게 나타났다(Fig. 2).

散孔材 樹種에 있어서 줄기의 直徑 크기와 相對水分通導性과는 相關關係가 統計的 有意성이 없는 것으로 나타났으며, 相對水分通導性은 樹種別로 각각 다른 범위 내에 분포하고 있었다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 층층나무의 相對水分通導性이 $5.05 \times 10^{-13} \sim 1.19 \times 10^{-10} \text{ m}^2$ 로 가장 上位의 범위에 있었으며, 다음 피나무, 자작나무와 박달나무, 현사시와 산벚나무의 순위였다. 그리고, 단풍나무屬인 고로쇠나무와 북자기의 相對水分通導性이 가장 낮게 분포하였다. 이러한 경향들은 각 樹種의 모든 실험목에서 공통적으로 나타났으나, 고로쇠나무의 경우는 樹齡이 낮은 실험목에서 줄기의 直徑이 작아질수록 相對水分通導性이 커지는 반대의 경향을 나타내기도 하였다.

또 줄기의 直徑 크기에 따른 相對水分通導性의 크기를 보면, 피나무가 $6.93 \times 10^{-13} \sim 4.39 \times 10^{-11} \text{ m}^2$, 고로쇠나무가 $5.99 \times 10^{-14} \sim 1.98 \times 10^{-12} \text{ m}^2$, 그리고 북자기가 $2.41 \times 10^{-14} \sim 1.71 \times 10^{-12} \text{ m}^2$ 의 범위를 나타내 줄기의 直徑 크기에 따른 相對水分通導性의 變化幅이 큰 것으로 나타난 반면, 자작나무의 경우 $1.44 \times 10^{-12} \sim 9.53 \times 10^{-12} \text{ m}^2$ 이고, 박달나무가 $8.79 \times 10^{-13} \sim 7.09 \times 10^{-12} \text{ m}^2$, 현사시가 $2.18 \times 10^{-13} \sim 4.81 \times 10^{-12} \text{ m}^2$, 그리고 산벚나무가 $6.97 \times 10^{-13} \sim 5.18 \times 10^{-12} \text{ m}^2$ 로 變化幅이 작아 다

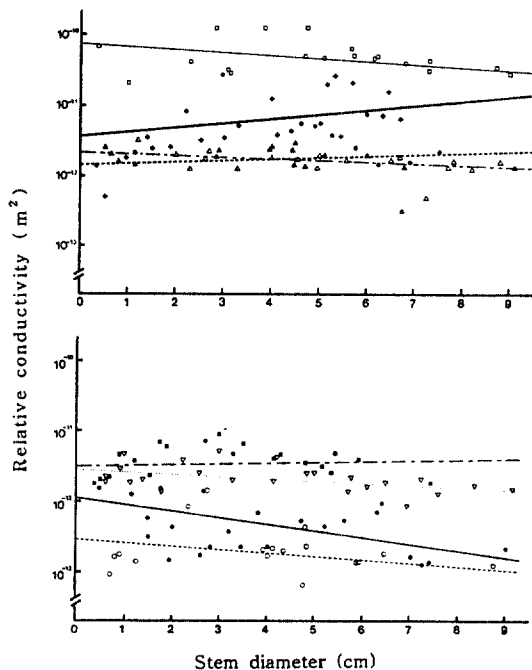


Fig. 2. Relative conductivity versus diameter of stem in diffuse-porous species.

- , ———: *Cornus controversa*, $Y = -0.427 \times 10^{-11}X + 8.612 \times 10^{-11}$ ($R^2 = 0.14$)
- ◆, ———: *Tilia amurensis*, $Y = 1.220 \times 10^{-11}X + 0.567 \times 10^{-11}$ ($R^2 = 0.04$)
- ▲, - - - - : *Populus alba* × *P. glandulosa*, $Y = 0.200 \times 10^{-11}X + 0.188 \times 10^{-11}$ ($R^2 = 0.08$)
- △, - - - - : *Prunus sargentii*, $Y = -0.207 \times 10^{-11}X - 0.356 \times 10^{-11}$ ($R^2 = 0.22$)
- , - - - - : *Betula platyphylla* var. *japonica*, $Y = 0.117 \times 10^{-11}X + 0.517 \times 10^{-11}$ ($R^2 = 0.01$)
- ▽, - - - - : *B. schmidtii*, $Y = -0.303 \times 10^{-11}X + 0.467 \times 10^{-11}$ ($R^2 = 0.24$)
- , ———: *Acer mono.*, $Y = -0.949 \times 10^{-11}X + 0.105 \times 10^{-11}$ ($R^2 = 0.24$)
- , - - - - : *A. triflorum*, $Y = -0.477 \times 10^{-11}X + 0.045 \times 10^{-11}$ ($R^2 = 0.11$)

큰 樹種에 비하여 줄기의 直徑에 따른 相對水分通導性이 비교적 일정한 것으로 史料된다.

環孔材 樹種 중 落葉性 참나무類 6樹種에 있어서 줄기의 直徑別 相對水分通導性을 Fig. 3에 나타냈다.

樹高, 胸高直徑과 樹齡 등의 조건이 비슷한 落葉性 참나무類 6樹種의 相對水分通導性의 比較에서는 상수리나무를 제외하고 줄기의 直徑이 작아질수록 큰 값을 나타내는 경향이 뚜렷하였다. 이러한 경향은 각 樹種의 모든 실험목에서 값의 차이는 있었으나 공통적으로 나타났다. 상수리나무의 경우는 줄기의 直徑 크기와 相對水分通導性과의 直線相關關係($R^2 = 0.39$)는 없었으나, 실험목 5본에 대한 相關關係($Y = -1.5855X + 9.2740$, $R^2 = 0.83^*$)는 뚜렷하여 줄기의 直徑이 작아질수록 相對水分通導性이 증가하였다.

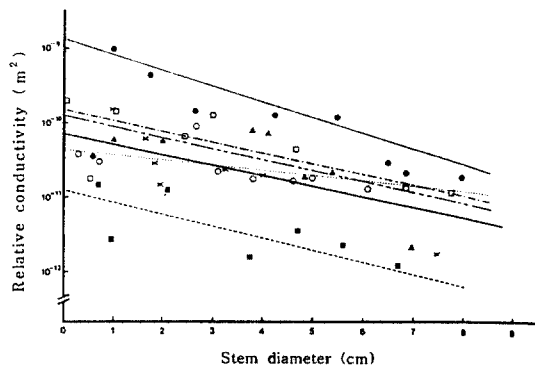


Fig. 3. Relative conductivity versus diameter of stem in six oak species.

- , ———: *Quercus serrata*, $Y = -2.102 \times 10^{-10}X + 20.685 \times 10^{-10}$ ($R^2 = 0.85^*$)
 - , - - - - : *Q. acutissima*, $Y = -0.812 \times 10^{-10}X + 6.820 \times 10^{-10}$ ($R^2 = 0.39$)
 - , - - - - : *Q. aliena*, $Y = -2.488 \times 10^{-10}X + 1.888 \times 10^{-10}$ ($R^2 = 0.86^*$)
 - ▲, - - - - : *Q. variabilis*, $Y = -1.345 \times 10^{-10}X + 0.112 \times 10^{-10}$ ($R^2 = 0.60$)
 - ×, ———: *Q. mongolica*, $Y = -1.297 \times 10^{-10}X + 0.870 \times 10^{-10}$ ($R^2 = 0.78$)
 - , - - - - : *Q. dentata*, $Y = -2.412 \times 10^{-10}X + 0.164 \times 10^{-10}$ ($R^2 = 0.81^*$)
- (* : 5% level significant)

또한 줄기의 直徑別 相對水分通導性의 크기는 졸참나무가 가장 上位에 있었고, 다음 갈참나무와 굴참나무, 신갈나무와 상수리나무의 순이었으며, 떡갈나무의 값이 가장 낮은 범위에 분포하고 있었다.

Ikeda와 Suzaki(1984)에 의하면 常綠性 참나무類 樹種인 증가시나무(*Quercus glauca*) 줄기의 相對水分通導性은 $6.39 \times 10^{-12} \sim 1.06 \times 10^{-11} m^2$ 의 범위를 나타냈으며, 줄기의 直徑 크기에 따른 相對水分通導性은 줄기의 상부와 하부로 간단히 비교하여 줄기의 상부가 하부보다 큰 값을 갖는다고 하였다. 또한, 같은 참나무類 樹種이라도 상수리나무(*Q. acutissima*)에서는 줄기의 상부가 하부보다 약간 작은 값을 갖는다고 하였다. 한편 몇몇 針葉樹種(Comstock, 1965; Booker와 Kininmonth, 1978)과 散孔材 樹種(Zimmermann, 1978)에 있어서 줄기의 水分通導性은 줄기의 直徑이 작아질수록 증가하였다.

Fig. 4는 環孔材 7樹種(다릅나무, 참오동나무, 들메나무, 음나무, 물푸레나무, 느릅나무, 느티나무)에 대한 줄기의 直徑 크기에 따른 相對水分通導性의 分布를 나타낸 것이다. 다릅나무와 들메나무를 제외한 나머지 5樹種은 참나무類에서와 같이 줄기의 直徑이 작아질수록 相對水分通導性이 증가하는 경향이 뚜렷하였다. 그러나 다릅나무의 경우 줄기의 直徑 크기와 相對水分通導性과

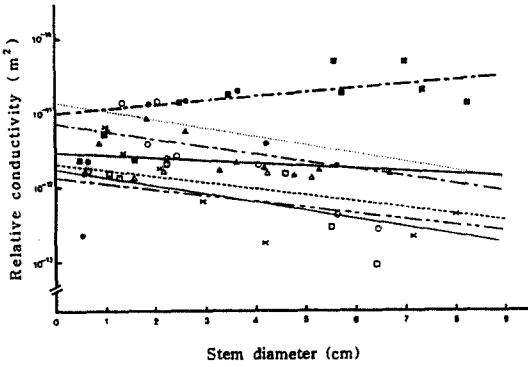


Fig. 4. Relative conductivity versus diameter of stem in seven ring-porous species.

- , ---: *Maackia amurensis*, $Y = 0.512 \times 10^{-11}X + 0.401 \times 10^{-11}$ ($R^2 = 0.35$)
- ,: *Paulownia tomentosa*, $Y = -2.536 \times 10^{-11}X + 1.346 \times 10^{-11}$ ($R^2 = 0.53$)
- , —: *Fraxinus mandshurica*, $Y = 1.531 \times 10^{-11}X + 0.523 \times 10^{-11}$ ($R^2 = 0.08$)
- ×, - · - · -: *F. rhynchophylla*, $Y = -3.721 \times 10^{-11}X + 0.311 \times 10^{-11}$ ($R^2 = 0.51$)
- ▲, - - - -: *Kalopanax pictus*, $Y = -1.237 \times 10^{-11}X - 0.839 \times 10^{-11}$ ($R^2 = 0.65$)
- △, - · - · -: *Ulmus davidiana var. japonica*, $Y = -1.035 \times 10^{-11}X + 0.130 \times 10^{-11}$ ($R^2 = 0.58$)
- , - · - · -: *Zelkova serrata*, $Y = -3.831 \times 10^{-11}X + 0.229 \times 10^{-11}$ ($R^2 = 0.69$)

의 상관관계($r^2=0.35$)가 없었으며, 다른 環孔材 樹種과는 다르게 줄기의 直徑이 큰 쪽이 작은 쪽보다 더 큰 相對水分通導性이 나타났다. 들메나무의 경우는 줄기의 直徑 크기에 따른 相對水分

通導性은 특정한 경향없이 일정한 범위 내에 있는 것으로 나타났다.

이처럼 대부분의 環孔材 樹種은 줄기의 直徑이 작아질수록 相對水分通導性이 커지는 것으로 나타났다. 이것은 줄기에 있어서 直徑이 큰 木部의 하부일수록 單位面積當 導管數가 적고, 기계적인 강도를 담당하고 있는 木部 柔細胞가 증가하여 水分通導性이 떨어지기 때문이다(Ikeda와 Suzaki, 1984; 池田, 1984a, b).

闊葉樹 21種에 있어서 줄기의 相對水分通導性은 층층나무와 피나무를 제외한 모든 散孔材 樹種이 環孔材 樹種보다 낮은 값을 갖는 현상을 나타냈으며, 이러한 결과는 散孔材 樹種과 環孔材 樹種에 있어서 導管의 木部構成要素가 차지하는 通水斷面積比率와 導管直徑의 차이에 의한 것으로 사료된다. 池田(1984a)에 의하면, 直徑이 큰 導管이 早材部에 규칙적으로 배치되어 있는 環孔材 樹種이 直徑이 작은 導管이 散在되어 있는 散孔材 樹種보다 水分通導性이 크다고 한다.

3. 頂端部 1年生 主幹과 側枝의 相對水分通導性

樹木의 頂端部 1年生 主幹과 側枝에 있어서 相對水分通導性을 比較하기 위하여 복자기, 층층나무, 들메나무, 신갈나무와 느티나무를 대상으로

Table 4. Relative conductivity of the terminal shoots of 1-year-old stem.

Species	Shoots	Relative conductivity (m ²)	Mean diameter (cm)
<i>Acer triflorum</i>	L	4.8718×10^{-13}	0.71
	AL	2.2086×10^{-13}	0.64
	AL	7.9251×10^{-14}	0.59
<i>Cornus controversa</i>	L	8.4089×10^{-11}	0.36
	AL	2.0126×10^{-11}	0.75
	AL	2.0042×10^{-11}	0.70
	AL	1.5873×10^{-11}	0.52
<i>Fraxinus mandshurica</i>	L	7.6161×10^{-12}	1.03
	AL	2.5726×10^{-12}	0.57
	AL	3.5871×10^{-12}	0.54
<i>Quercus mongolica</i>	L	2.8960×10^{-12}	0.66
	AL	1.9105×10^{-12}	0.60
	AL	3.6121×10^{-13}	0.58
<i>Zelkova serrata</i>	L	2.3066×10^{-11}	3.06
	AL	1.1564×10^{-11}	1.56
	AL	1.2717×10^{-11}	1.89
<i>Zelkova serrata</i>	L	6.5772×10^{-13}	0.76
	AL	1.2475×10^{-13}	0.44
	AL	3.4496×10^{-13}	0.47

* L : The leader, AL : The adjacent laterals.

조사하여 Table 4에 나타내었다.

이들 闊葉樹 5種에 있어서 頂端部 1年生 主幹과 側枝의 相對水分通導性은 값의 차이는 있으나 모두 主幹(leaders)이 側枝(adjacent laterals)보다 1.5~8배 정도로 크게 나타났다. 이러한 결과는 主幹이 頂芽優勢와 같은 水力的 優勢(hydraulic dominance)를 갖는 것으로 생각된다(Ewers와 Zimmermann, 1984).

특히 층층나무의 경우, 다른 樹種과는 달리 主幹의 直徑이 側枝의 1/2로 대단히 작음에도 불구하고 主幹의 相對水分通導性이 側枝보다 4~5배 큰 값을 나타내 뚜렷한 水力的 優勢를 갖고 있었다.

引用文獻

1. 韓相變·金宜憲. 1996a. 樹木의 水分特性에 關한 生理·生態學的 解析(VII). 신갈나무의 水分通導性 構造. 韓林誌. 85(1): 120-129.
2. 池田 武文. 1984a. 樹木木部の水分通導性. 北方林業. 36: 278-281.
3. 池田 武文. 1984b. 樹木의水分通導性について. 橋岡植物 10: 197-212.
4. 池田 武文·須崎 民雄. 1981. 樹木의水分通導抵抗에關する研究(II)-幹의水分通導抵抗-. 日林九支研論集 No. 34: 119-120.
5. Booker, R.E. and J.A. Kininmonth, 1978. Variation in longitudinal permeability of green radiata pine wood. N.Z.J. For. Sci. 8: 295-308.
6. Comstock, G.L. 1965. Longitudinal permeability of green eastern hemlock. For. Prod. J. 15: 441-449.
7. Ewers, F.W. and M.H. Zimmermann. 1984.

The hydraulic architecture of balsam fir(*Abies balsamea*). *Physiol. Plant.* 60: 453-458.

8. Hinckley, T.M., J.P. Lassoie, and S.W. Running. 1978. Temporal and spatial variations in the water status of forest trees. *For. Sci. Monograph* 20: 1-72.
9. Ikeda, T. and T. Suzaki. 1984. Distribution of xylem resistance to water flow in stems and branches of hardwood species. *J. Jpn. For. Soc.* 66: 229-236.
10. Jarvis, P.G. 1975. Water transfer in plants. In: de Vries DA, van Alfen NK, eds. *Heat and mass transfer in the biosphere*. Washington, DC: Scripta book Co., 369-394.
11. Landsberg, J.J., T.W. Blanchard, and B. Warrit, 1976. Studies on the movement of water through apple trees. *J. Exp. Bot.* 27: 579-596.
12. Roberts, J. 1977. The use of tree-cutting techniques in the study of the water relations of mature *Pinus sylvestris* L.(I) The technique and survey of the results. *J. Exp. Bot.* 28: 751-767.
13. Roberts, J. 1978. The use of tree-cutting techniques in the study of the water relations of Norway spruce, *Picea abies* (L.) Karst. *J. Exp. Bot.* 29: 465-471.
14. Running, S.W. 1980. Field estimates of root and xylem resistances in *Pinus contorta* using root excision. *J. Exp. Bot.* 31: 555-569.
15. Zimmermann, M.H. 1978. Hydraulic architecture of some diffuse-porous trees. *Can. J. Bot.* 56: 2286-2295.