

琉球大学学術リポジトリ

散孔材生長輪の細胞構造(林学科)

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 林, 弘也, 垂内, 朋美, 古橋, 健一, Hayashi, Hiroya, Tareuchi, Tomomi, Furuhashi, Kenichi メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/3883

散孔材生長輪の細胞構造

林弘也*、垂内朋美*、古橋健一*

Hiroya HAYASHI, Tomomi TAREUCHI and Kenichi FURUHASHI: Composition of elements in one growth ring of seven diffuse porous woods

Summary

Variation of vessel diameter and area fraction of elements in one growth ring on cross section of seven diffuse porous woods were presented. Vessel diameter and area fraction was measured by the digitizer with a personal computer and the dot-grid eyepiece. Vessel diameter and area fractions of elements in early and late wood were discussed and distinction of the measured values was drawn between early and late wood. Vessel diameter of examined diffuse porous woods were varied at the position of a growth ring and had some variation patterns of vessel diameter in one growth ring. Vessel diameter and area fraction of elements were different early wood and late wood in statistically and both values were greater in early wood than late wood. It was drawn from the relation between vessel diameter and area fraction of vessels as follows: vessels of KUSUNOKI, SHIBANIKKEI and YABUNIKKEI wood had a tendency to scatter in some area fraction and vessels of ISUNOKI wood had a tendency to scatter in some vessel diameter. Area fraction of vessels was greater than fraction of fibers in KATSURA wood and area fraction of fibers was over 0.50 in other six woods.

緒 言

木材は単なるエネルギー源，建築用素材としてばかりでなく，製紙原料，建築用複合材料として次第にその利用範囲を拡大してきた。また利用樹種も針葉樹ばかりでなく，種々の広葉樹が利用されるようになってきた。最近では次第に広葉樹材の利用が重要性を増しつつあるように思われる。木材の材質の研究では，針葉樹材が建築用材料として比較的古い時代から使用され，材質に対する要求度が高かったこともあり，かなり多くの研究が行なわれている。容積密度，木理傾斜角，仮道管長，フィブリル傾角などと材質の関係が明らかにされている¹⁾。広葉樹材では，構成要素が多種に及び，かつ要素の構成が複雑であることと相まって諸影響因子と材質との関係はあまり明らかにされていない。広葉樹材が有効に利用されるには，材質に影響する諸因子がどのような過程を経て影響するのか，それぞれの因子が樹種ごとにどの程度の固有値をもっているのかなどのが明らかにされる必要がある。しかし広葉樹材を構成する各種の要素の長さ，大きさや分布状態についてさえも材質と関連した報告は少ないように思われる。

*琉球大学農学部 林学科

広葉樹材は道管、木部繊維（繊維状仮道管を含む）、木部柔細胞から構成されているが、樹種や材の断面によって各要素の配列状態が異なっている。本研究は、材質と組織構造の関係を解明する基礎データを得ることを目的に、材の構成要素を道管、木部繊維、軸方向柔細胞、放射柔細胞に区分した。これらの細胞区分に従い、広葉樹散孔材7樹種について、材の横断面を対象に道管要素の放射方向直径、各種要素の面積割合について1生長輪内の分布状態を検討した。

実験材料及び方法

供試樹種は沖縄島産の散孔材7樹種であり、樹種名をTable 1に示した。供試材は、胸高直径が10～15cmであり、偏心生長をしていない材を選択した。供試片は供試丸太の辺材部から約1cm²のブロックを材の繊維軸方向に連続して3～4個切り出し使用した。供試片は水・グリセリンの混合液で加熱軟化した。エルマ光学製スライディングミクロトームを用いて、軟化したブロック2個から厚さ18～25μmの切片を20切片採取した。切片はサフラニンで染色したのちに常法により永久プレパラートを作製した。プレパラート観察には、日本光学製生物顕微鏡を使用した。細胞寸法の計測は2方法を用いた。第1の方法はデジタイザを用いて測定する方法（以下デジタイザ法とする。）であり、第2の方法はステレオロジーで使われる接眼マイクロメータを用いたポイントカウント法²⁾である。デジタイザ法は個々の細胞寸法を直接測定する方法であり、サンプリングプロット内にある全細胞のデータが得られるが、多量の細胞を測定するにはかなりの時間を要する。一方ポイントカウント法はサンプリングプロット内の平均値は得られるが、個々の細胞測定値は得られない方法である。

デジタイザ法は、光学顕微鏡で切片を写真撮影し、印画紙にプリントした陽画上でデジタイザを用いて測定した。細胞寸法の計測は360倍に拡大した写真上で行ない、早材から晩材まで同じ半径上に配列する細胞群を連続して計測するために放射組織を基準にし、2～3個の放射組織の間にある細胞群について測定した。生長輪の円周方向のサンプリング位置は任意に選択し、放射方向には連続撮影した写真の印画紙ごとにはほぼ1サンプリングプロットを配置した。サンプリングプロット数は生長輪幅によって異なり1生長輪4～8個であるが、プロット数は出来るだけ多く配置するようにした。従ってサンプリングプロット数は対象樹種によって異なっているが、データの検討にあたっては1生長輪内の相対的な位置が等しいデータを検討対象にした。サンプリングプロットの面積は0.10～0.15mm²であるが、晩材部サンプルの測定面積は0.10mm²であった。測定に使用した装置は、計算機は日本電気製PC-9801E型を、デジタイザはワコム製WT-4000型を使用した。ポイントカウント法は1mmごとに目盛りした5mmの方眼接眼マイクロメータを接眼レンズに入れ、測定対象の細胞と重なるマイクロメータのグリッドラインの交点および測定対象細胞の境界線とグリッドラインの交点をポイントとしてカウントした。グリッドラインの交点は構成要素の面積割合を計算するのに使用し、グリッドラインと測定対象細胞の交点は要素の直径、細胞壁厚さ、幅などを計算するために使用した。顕微鏡の接眼レンズは4倍と10倍、対物レンズは10倍と15倍のレンズを用いた。顕微鏡の倍率はマイクロメータのグリッドライン交点が測定対象細胞にほぼ一個重なるように決められたので、使用する倍率は対象とする要素と要素の測定項目ごと

Table. 1 List of materials

Japanese name	Scientific name
KUSUNOKI	<i>Cinnamomum camphora</i>
SHIBANIKKEI	<i>Cinnamomum doederleinii</i>
YABUNIKKEI	<i>Cinnamomum japonicum</i>
KATSURA	<i>Cercidiphyllum japonicum</i>
HOUNOKI	<i>Magnolia obovata</i>
ISUNOKI	<i>Distylium racemosum</i>
EGONOKI	<i>Styrax japonica</i>

に異なることになり、検鏡倍率は40～600倍の範囲内で使用した。測定したサンプリングプロットの位置は、生長輪の円周方向には切片内の任意の位置としたが、生長輪の放射方向の位置は生長輪幅を等分割した点を中心に材の切線方向にサンプリングプロットを配置した。一生長輪の放射方向分割数は生長輪幅により4～6分割とした。サンプリング数は各サンプリングプロット位置について50サンプルである。

両方法で測定した項目は管孔の放射方向直径（以下管孔径とする）、管孔の面積、木部繊維の面積、放射組織の面積、木部柔細胞の面積である。複合管孔の管孔径はそれぞれの管孔ごとに独立した管孔径として測定した。

実験結果および考察

1 管孔径の変動

散孔材の一生長輪内の管孔径の移行は、定量的なデータではなく肉眼観察によるものであるが、オニグルミ材やアサダ材のように顕著に移行する樹種やイヌビワ材のようにほとんど移行しない樹種が従来の組織観察で認められている³⁾。散孔材の管孔径移行の状態を検討した報告は比較的少ないので、はじめに管孔径の移行状態の検討をした。管孔や木部繊維の形状は形成層にある始原母細胞にかなり大きな影響を受けると考えられる。管孔径についてこの点を検討するために2個の放射組織に挟まれた母細胞群から分裂した管孔と多数個の放射組織に挟まれた母細胞群から分裂した管孔との管孔径を比較した。デジタイザ法によるヤブニッケイ材のデータについて、2個の放射組織に挟まれた管孔径のデータと数個の放射組織に挟まれた複数列の管孔径のデータを変動係数と共にTable. 2に示した。

Table. 2 Vessel diameter of YABUNIKKEI (unit: μm)

	Vessel between two rays		Vessel between many rays	
	Vessel dia.	C.V.	Vessel dia.	C.V.
Early	95.9	0.023	93.0	0.242
wood	95.6	0.116	85.6	0.190
↑	89.5	0.189	83.9	0.218
↓	80.4	0.160	85.3	0.180
Late	70.0	0.162	63.4	0.243

2個の放射組織に挟まれた管孔径では、明らかに晩材を含むと考えられる生長輪の最後のサンプリングプロットの変動係数は30～45%の範囲にあるが、このサンプリングプロットを除いた早材を含むサンプリングプロットでは20%内外であり、晩材部の変動係数が大となる傾向が認められた。Akachakuは*Gmelia arborea*について同じ傾向を認めている⁴⁾。これは管孔径の急激な移行状態から判断されるように、晩材に近い材部は放射方向の位置による管孔径の移行が大きいと考えられるので晩材部のデータには早材よりも広い範囲の径をもつ管孔が含まれることになり、サンプリングプロットの大きさが変動係数に影響していることを示しているのであろう。このことは材の放射方向の辺を短くした小面積のサンプリングプロットを設定すると変動係数は小さくなることによって確認した。晩材の変動係数のサンプリングプロットの寸法による影響を排除するには、個々の管孔径を測定し、生長輪内の位置と対照させるならば可能となり、同一の始原母細胞群から分裂した管孔径の移行状態がより正確に得られるものと考えられる。ここでは、平均的な管孔径を得るために早材と晩材のサンプリングプロットの大きさを変えず、前述した大きさの範囲内にあるサンプリングプロットのデータを示した。7プロット列の測定値をTable 2に示したが、変動の比較的少ない早材部でも1プロット列のデータに比較して、変動係数

は増加した。生長輪放射方向に配列したサンプリングプロットの配列数を増加すると、変動係数は増加する傾向を示したと言える。本実験は単一の生長輪の要素を対象にしたので、サンプリングプロットを生長輪内の相対位置が同一であるときに、細胞の分裂速度や細胞の肥大に影響する環境条件や生育条件が同じであると考えられ、始原母細胞の性能の差異がこの変動係数の大小に影響を及ぼしていると考えられる。

一放射方向のサンプリングプロット列の管孔径は早材側の3プロットと晩材側の2プロットのデータの間には危険率5%レベルで有意差が認められ、明らかに早材と晩材は異なった管孔径を示した。複数のサンプリングプロット列の管孔径のデータでも変動係数は大きくなっているが、同じように有意差が認められた。すなわち、一生長輪内の管孔径は、早材の管孔径が晩材の管孔径よりも大であることが認められ、管孔径から判断すると、早材側と晩材側との放射方向の材の幅は早材側がより広いであろうという結果を得た。このデジタイザ法のデータをポイントカウント法のデータと比較するために、ヤブニッケイ材の管孔径と面積割合の早材、晩材の値をTable. 3に示した。両測定法の平均値には有意差がな

Table. 3 Comparison of the two measuring methods with YABUNIKKEI

	Digitizer method		Point count method	
	Early wood	Late wood	Early wood	Late wood
Vessel diameter(μm)				
Average	93.0	49.9	83.8	55.0
C.V.	0.242	0.306	0.16	0.28
Vessel area fracture				
Average	0.159	0.080	0.168	0.085
C.V.	0.436	0.177	0.22	0.41

いことを確認でき、両測定法の値が同じであることが認められた。

次に一生長輪内の各部分の管孔径を測定し、生長輪内の移行を検討した。管孔径は7樹種とも晩材部よりも早材部で大であるが、移行の状態は樹種によって異なっていた。クスノキ、ヤブニッケイ、シバニッケイ材は早材部の最初のサンプリングプロットの管孔径が最も大であり、晩材になるに従い小さくなる。ハウノキ、エゴノキ、カツラ材は早材部の最初のサンプリングプロットよりも生長輪幅の中央に近い早材部に最大管孔径が認められた。イスノキ材は大略同じ管孔径であるが、生長輪の最後のプロットである晩材の管孔径は他の3プロットの管孔径と有意差が認められ、明かに短い管孔径を持っていた。散孔材7樹種の管孔径移行の測定結果はFig. 1に示した。平均管孔径は上述したような移行を示すが、統計的な検定の結果からすると7樹種ともに早材側と晩材側の管孔径には有意差が認められ早材側の管孔径が大きい結果を得たが、早材側から最初の2~3サンプリングプロットでは有意差が認められず、平均値に差があっても統計的には同一の管孔径であった。生長輪早材部の最初のサンプリングプロットの管孔径が最大値にならないのは、生長輪を分割したプロット数が多いエゴノキ材のときに明確になることから次のように考えられる。本実験では、サンプリングプロットの面積が一定であるために、生長輪幅が狭い場合には、一サンプリングプロットに含まれる木部の生長期間は、生長輪幅が広い場合よりも相対的に長いことになり、より多くの生長期間を含んでいることになる。そのために生長開始初期の管孔径移行の状態があつたとしても一サンプリングプロットに含まれることになり、一データに包含されるからプロット間のデータの差としては認められないのであろう。

しかしクスノキ、シバニッケイ、ヤブニッケイ材はサンプリングプロット数は多くはないが、上述した傾向とは異なっていた。特にクスノキ材は早材の最初のプロットの管孔径が明らかに大きく、これら

のクスノキ科に属する材は、散孔材とはいえ、早材の初期の管孔径が大きいのかも知れないが、更に検討が必要であろう。

2 生長輪内の各要素の面積割合

散孔材の構成要素は、管孔と木部繊維が主要な要素であるが、各要素の面積割合は、管孔径の大きさのばらつきや生長輪内の移行があることから、樹種や生長輪内の位置によって変動すると考えられる。生長輪内の面積割合は横断面の各要素の面積を測定する方法により求め、その変動を検討した。各構成要素の面積割合を Fig. 2 に示した。

放射柔細胞は生長輪内の位置による変動が少なく、7樹種の中では最も大きな差でも5%以内であり、樹種によって値は異なるが、ほとんど一定であると考えられる。軸方向の柔細胞はクスノキ材とヤブニッケイ材は約10%であるが、他の5樹種は5%以下で面積割合は小さいが、生長輪内の位置による変動が認められた。管孔と木部繊維の面積割合では、カツラ材は管孔が0.30~0.55、木部繊維が0.15~0.45の範囲にあるが、クスノキ材は0.05~0.15と0.55~0.65の範囲にある。本試験の供試材は一本であるので断定はできないが、樹種によって面積割合の範囲

があるように推定される。広葉樹材の主要な構成要素である道管と木部繊維は面積のほぼ0.70~0.85を占め、かつ両者の寸法、面積割合は生長輪内の位置によって変動する。軸方向柔細胞、放射柔細胞は面積割合、変化量とも小さいので、散孔材の構造は道管と木部繊維によって特徴付けられるものと考えられる。Table 4 に早材と晩材の管孔の面積割合を示した。早材の管孔面積割合は晩材よりも大きな値となっており、統計的にも有意差が認められた。この結果は *Gmelina arborea*⁴⁾、*Fagus sylvatica*⁵⁾ について報告された早材から晩材に増加するという結果とは一致しなかったが、散孔材の *Eucalyptus gigantea*⁶⁾ の結果と一致し、同じ散孔材の樹種であっても樹種によって変動し、散孔材として一定の傾向を示さな

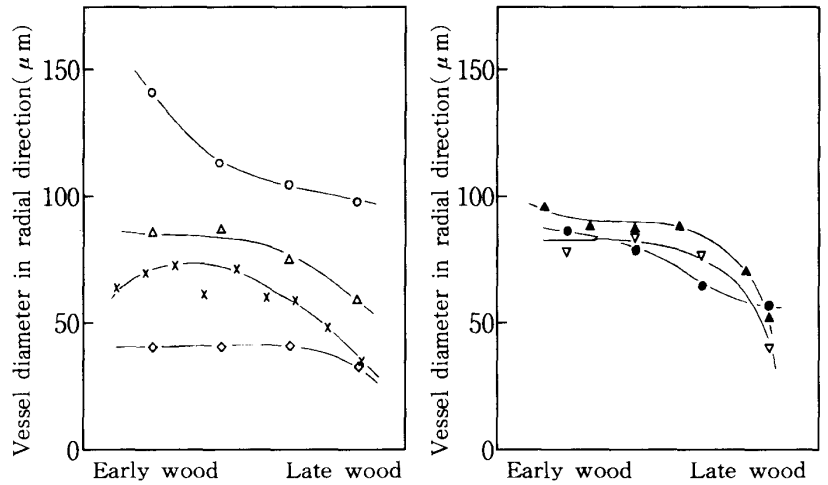


Fig.1 Radial vessel diameter distribution in one growth ring.

Legend: ○ KUSUNOKI ● SHIBANIKKEI ▲ YABUNIKKEI △ KATSURA ▽ HOUNOKI ◇ ISUNOKI × EGONOKI

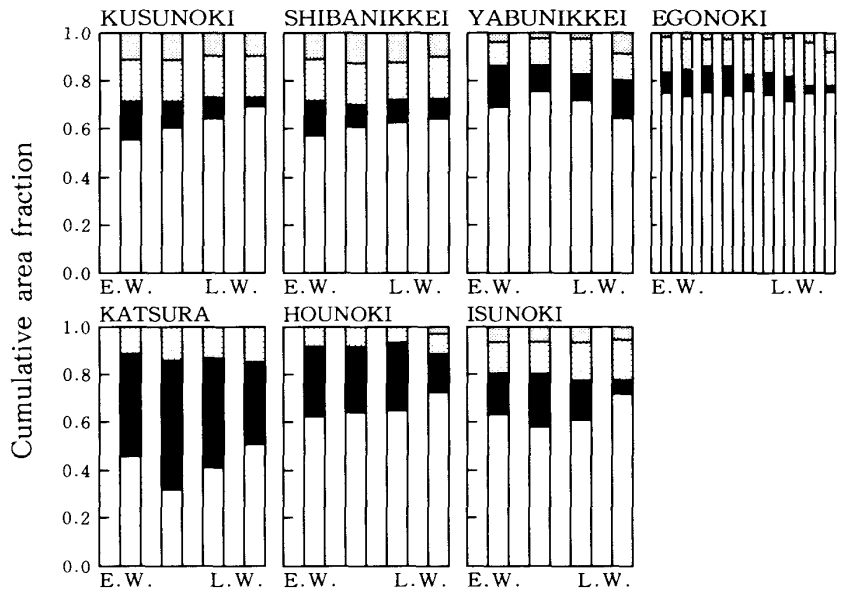


Fig. 2 Area fractions of elements in one growth ring

Legend: E.W.: Early wood, L.W.: Late Wood

□ Wood fiber ■ Vessel □ Ray □ Parenchyma

Table. 4 Area fraction at early and late wood

	KUSUNOKI	YABUNIKKEI SHIBANIKKEI	KATSURA	HOUNOKI	ISUNOKI	EGONOKI
Early wood	0.140	0.213	0.151	0.457	0.295	0.167
Late wood	0.085	0.080	0.067	0.301	0.114	0.099
E.W./L.W.	1.64	2.66	2.25	1.51	2.58	6.00

い。管孔の面積割合の変動には、変動範囲が広い範囲の樹種と比較的狭い範囲の樹種があり、管孔の面積割合と寸法との関係を検討するために管孔径と管孔の面積割合を Fig. 3 に示した。管孔径の大きさおよび面積割合には相関があることから、この図は間接的に管孔径と管孔分布数の傾向を示している。イスノキ材では管孔径は30~40 μm の範囲であるが、面積割合は0.05~0.30の範囲にあり、管孔の面積割合が増加しても管孔径はほぼ一定であり、管孔数が変動するものと考えられる。これに対して、クスノキ、シバニッケイ材などでは、管孔径は50~160 μm であるが、面積割合は0.05~0.16の範囲にあり、管孔径が変動しても面積割合は大略一定となっている。すなわち管孔径の増大は分布数の減少を伴い、面積割合はほぼ一定であった。ヤブニッケイ、カツラ、ハウノキ材は両者の中間にあるが、カツラ材はイスノキ材に近い変動を示し、分布数の変動が比較的小さい傾向にある。

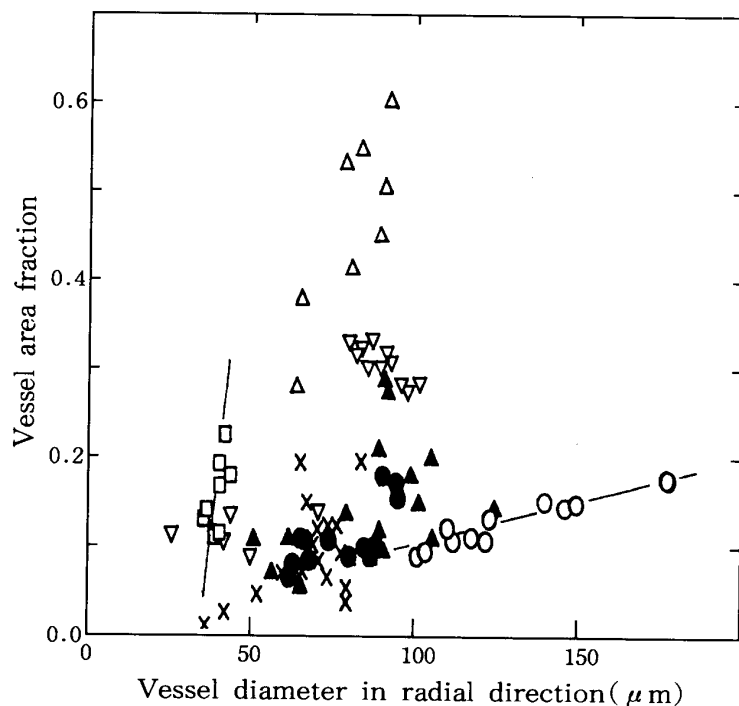


Fig. 3 Relationship between vessel diameter and vessel area fractions in one growth ring.

Legend: ○ KUSUNOKI ● SHIBANIKKEI
▲ YABUNIKKEI △ KATSURA ▽ HOUNOKI
□ ISUNOKI × EGONOKI

結 論

散孔材7樹種について、横断面の管孔径、構成要素の面積割合の計測を行ない、次のような実験結果を得た。

- 1) 散孔材の管孔径は、1生長輪内の位置によって変動する樹種、ほぼ一定である樹種がある。クスノキ、シバニッケイ、ヤブニッケイ、ハウノキ、カツラ、エゴノキ材は変動し、イスノキ材は一定であった。
- 2) 管孔径、管孔の面積割合は早材と晩材とでは明らかに異なり、いずれも早材が晩材よりも大であった。
- 3) 散孔材の構成要素の割合は管孔と木部繊維が0.70~0.85を占める。その他の構成要素の割合は小さく、生長輪内の位置による変動も比較的小さかった。
- 4) クスノキ、シバニッケイ、ヤブニッケイ材の管孔は管孔径に関係なく、ほぼ一定の面積割合を示す傾向にあり、イスノキ材は面積割合に関係なく、ほぼ一定の管孔径を示す傾向にあった。

和文摘要

写真上でデジタイザを用いる方法と顕微鏡と接眼マイクロメータを用いたポイントカウント法を併用して、沖縄島産の広葉樹散孔材7樹種について横断面の管孔径、構成要素の面積割合を計測し、1生長輪内の分布状態を検討した。散孔材の管孔径は、1生長輪内の位置によって大きく変動する樹種、ほぼ一定である樹種がある。クスノキ、シバニッケイ、ヤブニッケイ、ハウノキ、カツラ、エゴノキ材は変動し、イスノキ材は一定であった。管孔径、管孔の面積割合は早材と晩材とでは明らかに異なり、いずれも早材が晩材よりも大であった。散孔材の構成要素の割合は管孔と木部繊維が0.70~0.85を占め、生長輪内の位置による変動もある。その他の構成要素の割合は小さく、生長輪内の位置による変動も比較的小さかった。クスノキ、シバニッケイ、ヤブニッケイ材の管孔は管孔径に関係なく、ほぼ一定の面積割合を示す傾向にあり、イスノキ材は面積割合に関係なく、ほぼ一定の管孔径を示す傾向にあった。

引用文献

- 1, 例えば 渡辺治人 1978 木材理学, pp 564-621, 東京, 農林出版
- 2, Ifju, G., 1983 Quantitative wood anatomy—certain geometrical—statistical relationships, Wood fiber sci., 15(4):326-337
- 3, 小林弥一, 須藤彰司 木材識別カード, 東京, 日本林業技術協会
- 4, Akachaku, A. E., 1985 The effects of some extrinsic and intrinsic factors on the proportion of vessels in *Gmelina arborea* Roxb., Wood sci. and tech., 19: 1-12
- 5, Bosshard, H. H., Bariska, M., 1967 Statistical analysis of the wood structure of beech (*Fagus sylvatica* L.), I. A. W. A. Bull., 1: 7-15
- 6, Amos, G. L., Bisset, I. J. W., Dadswell, H. E., 1950 Wood structure in relation to growth in *Eucalyptus gigantea* Hook, F. Austral. J. Sci. ser. B, 3: 393-413 [Akachaku, A. E., 1985 The effects of some extrinsic and intrinsic factors on the proportion of vessels in *Gmelina arborea* Roxb., Wood sci. and tech., 19: 1-12]