

氏名	やん 楊	すうみん 淑敏
学位の種類	博士(農学)	
学位記番号	甲第301号	
学位授与年月日	平成15年 9月19日	
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当	
学位論文題目	Anatomical features of xylem cells of the woody xerophytes grown in China (中国に生育する乾燥地樹木の木部細胞の解剖学的特徴に関する研究)	
学位論文審査委員	(主査) 古川 郁夫 (副査) 片桐 成夫 山本福壽 作野友康 玉井重信	

学位論文の内容の要旨

China is one of the most severely desertified countries in the world. The research and practice on combating desertification has been lasting for many years and innovative sand control method and techniques were developed. Desertification rehabilitation through planting grass, shrubs and trees is one of effective and economic techniques from which the most suitable species of dwarf shrubs and small trees has been selected for entraining sand. Published references about wood anatomy of these suitable species are mostly focused on different families or other genera or species in the same families. This paper is to provide preliminary information of the wood anatomy of selected species and discuss the relationship between anatomical characteristics of secondary xylem and adaptability to arid climate.

In this study, five healthy trees from each species in 6 families were selected for experiments. Wood samples were softened in ethylene diamine or 5% glycerin solution, subsequently the permanent slides and small blocks were respectively completed for light microscope and scanning electron microscope observations. Quantitative data were measured through slides or pictures.

The wood anatomy and its horizontal variations were described as follows:

1. Anatomical features of a rayless woody xerophyte (*Haloxylon ammodendron*) in Chenopodiaceae are described and illustrated in detail.

The typical characters are raylessness and foraminated included phloem is present, embedded in conjunctive parenchyma; distinct growth ring boundaries mixed with numerous false rings. Vessels are solitary or in small groups to the inside of phloem groups, surrounded by vascular tracheids; other features including non-septate thick-walled fibres, abundant axial parenchyma,

distinct helical thickening and alternate intervessel pitting are present. Irregularly storied structure, gummy contents and crystals can be found.

Both the vessel element length and fibre length within one tree are more or less constant, and show irregularly increasing or decreasing curves. Both vessel element length and fibre length varied significantly among sampled trees.

2. Wood anatomy of *Tamarix austromongolica* and *T. chinensis* from ecological perspective (Tamaricaceae) were discussed.

Both species showed similar wood structure including distinct growth ring boundaries, semi-ring-porosity, simple perforation plate, alternate intervessel pitting, non-septate fibres, paratracheal confluent axial parenchyma, helical thickenings, and heterogeneous rays. There were few quantitative differences observed between them. *T. austromongolica* had narrower vessels and numerous grouped vessels and larger vessel frequency than *T. chinensis* that had wider and a larger number of solitary vessels and smaller vessel frequency. Thus, the anatomical features of *T. austromongolica* were more subject to suffer from water stress than that of *T. chinensis*.

The horizontal variation of vessel element and fibre length along the ring number from pith showed irregular tendency. Statistically, there was no significant difference in vessel element length and fibre length between species.

3. Variations of wood anatomy in four species (*Hedysarum mongolicum*, *Caragana korshinskii*, *Lespedeza bicolor* and *Ammopiptanthus mongolica*) of Leguminosae were studied.

Within four species, distinct growth ring boundaries, ring to semi-ring-porosity, simple perforation plate, alternate intervessel pitting, non-septate fibres, paratracheal confluent axial parenchyma, helical thickenings (except *L. bicolor*) and heterogeneous rays (except *C. korshinskii*) are present. But the vessel arrangement and quantitative features were different. Larger rays are 2-5-seriate in *A. mongolicum* and *L. bicolor*, 4-10-seriate in other two species. *A. mongolicum* had smaller vessel diameter and larger vessel frequency than other three species, indicating more adaptive to arid environments.

The variation of vessel element and fibre length with tree age showed irregular tendency. There was significant difference in fibre length and vessel element length among-species and within-tree (except *A. mongolicum*).

4. Anatomical features of three species (*Nitraria tangutorum*, *Zygophyllum xanthoxylon* and *Tetraena mongolica*) in Zygophyllaceae were described

Distinct growth ring boundary (sometimes discontinuous), somewhat ring to semi-ring porosity, alternate intervessel pitting, simple perforation plate, helical thickening, nonseptate thick-walled fibre and abundant axial parenchyma are present. Storied structure, gummy contents and warts can be found. Among three species, rays are uniseriate in *T. mongolica* and 2-5-seriate in others and heterogeneous in *Zygophyllum* and homogeneous in other two species. *T. mongolica* has the larger vessel frequency, shorter and narrower vessel element than other two species, which improves greater safety for hydraulic conduction.

Both the vessel element length and fibre length within one tree are more or less constant, and show irregularly increasing or decreasing curves. There was statistically significant variation for fibre length and vessel element length within-tree and among sampled species.

5. Wood anatomy of *Hippophae rhamnoides* and *Elaeagnus angustifolia* (Elaeagaceae) was studied

Distinct growth ring boundaries, semi-ring-porosity, simple perforation plate, alternate intervessel pitting, non-septate fibres, and helical thickenings are present. Axial parenchyma is absent or rarely present.

Rays are uni- to bi-seriate, heterogeneous in *H. rhamnoides* and 2-5-seriate, homogeneous in *E. angustifolia*. The vessel frequency is larger, vessel element length is shorter and vessel diameter is much narrower in *H. rhamnoides*, thus lead to a smaller vulnerability and mesomorphy value, indicating adaptive to xeric conditions. Vessel element length approaches a decreasing value in the former four rings, and drops somewhat in *H. rhamnoides* and remains small increase in *E. angustifolia* beyond the fourth ring. The most characteristic of fibre length is fluctuation from the pith outwards. There are significantly difference in vessel element length and fibre length within tree and between species.

6. Anatomical features of *Calligonum mongolicum* (Polygonaceae) were studied

This species has distinct growth ring boundaries, ring-porosity, distinct helical thickenings, simple perforation plate, nonseptate fibre, axial parenchyma, uni- or 2-5-seriate heterocellular rays, and alternate intervessel pitting.

There is a slightly increase of fibre length as the diameter from the pith increases. However, the vessel element length remains more or less constant from pith to bark.

論文審査の結果の要旨

本研究は、中国の乾燥地域および半乾燥地域に自生する耐乾燥性に優れた木本性植物 6 科 13 種の二次木部について顕微鏡的手法を用いて、その解剖学的特徴と材質学的特性について調べたものである。

中国の乾燥地域の緑化にはその地域に自生する矮性灌木とか木本性植物を用いることが効果的であることは経験的によく知られているが、これらの木部組織の解剖学的な研究事例は少なく、まだ断片的な知見しかないのが現状である。そこで、本研究では 6 科 13 種（各種 5 個体）を供試木に用いて、異科間、同科異属間、あるいは同属異種間における解剖学的相違及びそれらの木質部の利用に際して必要な材質学的特性について調べるとともに、木部組織の解剖学的特徴と乾燥への適応性との関連性についても考察した。

供試木はエチレンジアミンあるいは 5%グリセリン溶液で軟化処理した後、光学顕微鏡観察に供するため三断面（横断面、放射断面、接線断面）切片の永久プレパラートを作製した。また供試木から小片を割出し、常法で処理した後、走査型電子顕微鏡観察に供した。さらに材質指標計測に供するた

めに切り出した小片を解繊した後、道管要素と木繊維をそれぞれ 25、50 本計測した。以下、樹種毎に結果の概要を記す。

1. *Haloxylon ammodendron* (放射組織のない樹木)

Haloxylon ammodendron の解剖学的特徴として、放射組織は存在せず、結合柔組織に囲まれた散在型材内師部が顕著で、多数の偽年輪に混じって幾つもの不整で明瞭な成長輪が認められた。道管は孤立あるいは師部の内側に小さな集団状を形成し、周囲状仮道管によって囲まれていた。その他、隔壁のない厚壁の木繊維があり、軸方向柔細胞は豊富で、明瞭ならせん肥厚と交互状道管相互間壁孔が認められた。不規則な層階状構造を呈し、ゴム質の含有物と結晶が柔組織内に認められた。樹幹内での道管要素長と木繊維長は水平方向ではほぼ安定した傾向を示したものの、不規則な増減変動を示した。道管要素長と木繊維長の両方とも、個体間での変動が大きかった。

2. *Tamarix austromongolica* と *T.chinensis* (不規則な成長輪界を示す樹種)

耐塩性に優れた *Tamarix* 属 2 種については、それらの木部構造は類似していた。すなわち、明瞭な成長輪の存在、半環孔性であること、単穿孔板を有し、道管相互間壁孔は交互状であり、隔壁のない木繊維を有し、随伴状の連合翼状柔組織、らせん肥厚が認められ、放射組織は異性型であった。これら同属 2 種間では構成細胞の寸法にはほとんど相違が認められなかった。*T.austromongolica* は *T.chinensis* に比べて、細い道管と集合した道管および大きな孤立道管が見られたのに対して、*T.chinensis* は太い道管と孤立道管を有し、しばしば小さな道管もみられた。このように *T.austromongolica* は *T.chinensis* に比して、水ストレスに適応する組織構造を有していた。道管要素長および木繊維長の髓から樹皮側に向かっての水平変動では、従来多くの温帯産広葉樹に認められている飽和曲線的な増加はみられず、不規則な傾向を示した。道管要素長と木繊維長における種間での有意差は認められなかった。

3. マメ科 4 種 (中国の砂漠緑化用として重要な樹木)

中国半乾燥地に広く分布するマメ科 4 種においては、明瞭な成長輪、環孔—半環孔性、単穿孔、交互道管相互壁孔、隔壁のない木繊維、随伴状の連合翼状柔組織、らせん肥厚 (*Lespedeza* 以外) および異性放射組織 (*Caragana* 以外) が認められた。しかしながら、道管配列と通水性を反映する形態計測的特徴とは一致しなかった。*Ammopiptanthus* と *Lespedeza* における大きな放射組織は 2-5 列であるがその他の種では 4-10 列であった。*A.mongolicus* は他の種よりも小さな道管径と大きな道管をしばしば有し、他の 3 種と異なっていた。加齢に伴う道管要素長と木繊維長の変動は、飽和曲線的でなく不規則な傾向を示した。種間および樹幹内 (*A.mongolicus* を除く) での木繊維長と道管要素長において有意な差が認められた。

4. *Zygophyllaceae* 科 3 種

耐乾性とくに優れた灌木である *Zygophyllaceae* の 3 種には、明瞭な成長輪 (まれに不連続)、いくぶん環孔性から半環孔性、交互状道管相互間壁孔、単穿孔板、らせん肥厚、隔壁のない厚壁木繊維、豊富な軸方向柔細胞などが認められた。層階状構造およびゴム質の含有物とイボが認められた。3 種の間で放射組織は *Tetraena* において単列、その他は多列 (2-5 列) であり、*Zygophyllum* においては異性、その他の 2 種では同性であった。樹幹内における道管要素長と木繊維長の水平変動は、髓から樹皮側にむかってほぼ一定であり、若干不規則な増減を示した。道管要素長および木繊維長の水平変動性には、樹幹内と種間で統計的に有意な相関があった。

5. *Hippophae rhamnoides* と *Elaeagnus angustifolia*

グミ科 2 種については、明瞭な成長輪、半環孔性、単穿孔板、交互状道管相互間壁孔、隔壁のない木繊維、らせん肥厚が認められた。軸方向柔細胞は欠如あるいはほとんど存在しなかった。放射組織は、*Hippophae* において異性で単列あるいは多列であり、*Elaeagnus* においては 2-5 列の多列で、同性であった。*H.rhamnoides* において、道管率が高く、道管要素長は短く、道管径は小さく、乾燥への適応性を示していた。道管要素長は第 4 年輪までは減少し、第 4 年輪以降で *H.rhamnoides* は幾分減少するのに対して、*E.angustifolia* ではわずかに増加傾向を示した。木繊維長は髄から外側に向かって変動していた。樹幹内および種間において道管要素長と木繊維長に有意差が認められた。

6. *Calligonum mongolicum*

この種は明瞭な成長輪、環孔性、明瞭ならせん肥厚、単穿孔板、隔壁のない木繊維、軸方向柔細胞、単列あるいは 2-5 列の異性放射組織、交互状道管相互間壁孔を有していた。髄からの樹皮側に向かって、木繊維長はわずかに増加していたが、道管要素長はほぼ一定であった。

以上、本研究において得られた中国の乾燥地域に自生する耐乾性樹木の解剖学的諸特徴および材質的諸特性は、中国における砂漠緑化用樹木に関する林産学分野の基礎的資料として重要であるだけでなく、中国乾燥地域の造林および育種にも資することが期待され、乾燥地樹木研究の端緒を拓くものとして高く評価し、ここに博士（農学）の学位論文に値するものと審査員一同判定した。