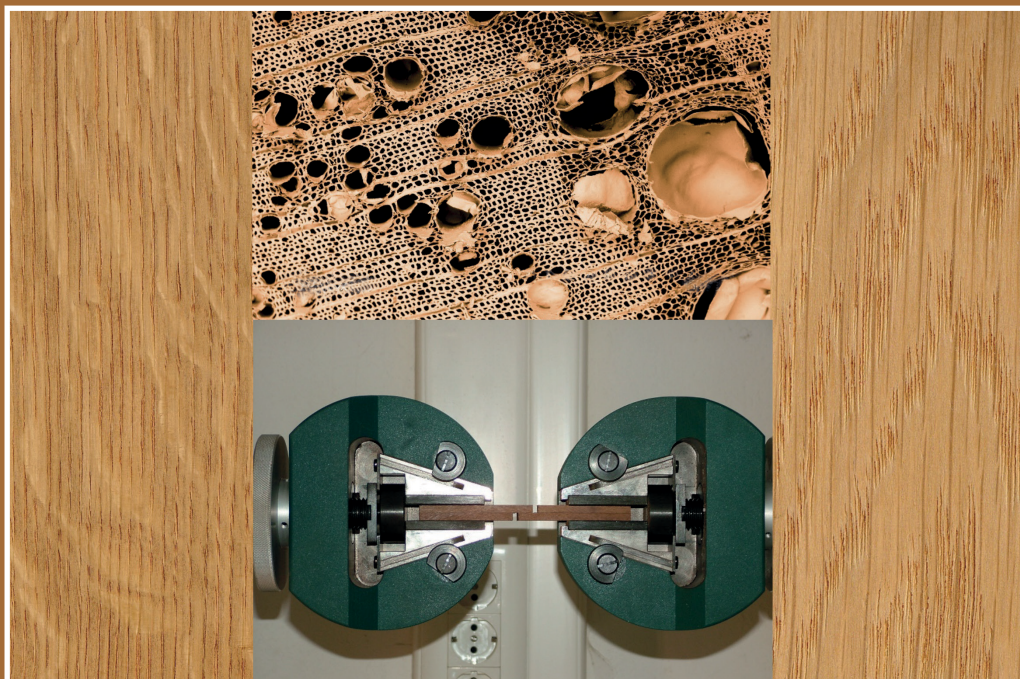


A faanyagtudományok története Magyarországon



Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának
tanulmánykötete III.



2024

Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának
tanulmánykötete III.

**A faanyagtudományok története
Magyarországon**

Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának
tanulmánykötete III.

A faanyagtudományok története Magyarországon

Szerkesztette:

NÉMETH RÓBERT



SOPRONI EGYETEM KIADÓ
Sopron, 2024

A kiadvány a Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztálya Erdészeti Tudományos Bizottságának kezdeményezésére és irányításával valósult meg.



Jelen kiadvány a Soproni Egyetem Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kara anyagi támogatásával jött létre.

Az egyes fejezeteket lektorálta:
Németh Róbert

Kiadó:
Soproni Egyetem Kiadó

Felelős kiadó:
Prof. Dr. Fábián Attila, a Soproni Egyetem rektora



Creative Commons license: CC BY-NC-SA 4.0 DEED



Nevezd meg! - Ne add el! - Így add tovább! 4.0 Nemzetközi
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International

Borítókép:
Báder Mátyás, Bak Miklós, Németh Róbert

ISBN 978-963-334-512-2 (nyomtatott)
ISBN 978-963-334-513-9 (pdf)
DOI szám: <https://doi.org/10.35511/978-963-334-513-9>

Nyomdai kivitelezés:



INFORM
Kiadó & Nyomda
1149 Budapest, Angol u. 34.
www.informstudio.hu

Budapest, 2024/10

TARTALOM

<i>Beköszöntő</i>	6
<i>Előszó</i>	7
Faanatómia	8
Faanyagvizsgálatok	17
Roncsolásmentes faanyagvizsgálatok	29
Faanyagok szárítása és modifikálása	39
Faalapú kompozitok	54
A faanyag színe és színváltozásai	79
A fa mechanikai megmunkálása	90
A fa, mint építőanyag	132
Faanyag ökomérlege	151
Faenergetika	157
Faanyagok ragasztása és felületkezelése	168
Fejezetek a fakémia magyarországi történetéből	202
Faanyagvédelem	233
<i>A kötet szerzői</i>	251

FAANATÓMIA

Komán Szabolcs és Fehér Sándor

Bevezetés

A faanyag egy olyan természetes lignocellulóz alapú polimer, amely rendkívül komplex biológiai struktúrával rendelkezik. Különböző sejttípusokból épül fel, amelyek nemcsak több százmillió év alatt alakultak ki funkciójuk ellátásához, hanem életük során folyamatosan és gyorsan alkalmazkodnak.

A növénytudomány egyik legrégebbi tudományága az anatómia, amely fontos szerepet tölt be a modern növénytudomány meghatározó ágai között (Sokoloff et al. 2021). Az alkalmazott botanika sajátos részét képezi a faanatómia, ami az elfásodott növényi részek alaktanával foglalkozik. Az anatómiai leírások Molnár et al. (2007) szerint az alábbi területek köré csoportosíthatók:

- élettani, növekedési és kórtani folyamatok megismerése (pl. növekedési zónák változása)
- fafajazonosítás (pl. tűlevelűek és lombosok közötti különbségek)
- faipari technológia műveletek szakszerű végrehajtása (telítés, ragasztás, felületkezelés stb.)
- dendrokronológiai ismeretek (pl. régészeti leletek)
- dendroklimatológiai ismeretek (éghajlati változások megfigyelése)
- fanyagminőségi ismeretek (fahibák, fakárosodások stb.)
- faanyag esztétikai és műszaki jellemzőinek magyarázata (rajzolat, szilárdság stb.)

A faanatómiai fejlődése

A fatest felépítésének tanulmányozása egészen az ókorig visszavezethető, amikor is először az állati szervezettel vontak párhuzamot. A botanika atyjának számító Theophrastus, többek között a „*Historia plantarum*” és „*Historia naturalis*” könyveivel a botanika alapjait teremtette meg. Műveiben leírja a fatest főbb részeit úgymint a belet, szíjácson, gesztet, de az évygűrűk keletkezésének és éghajlattal való összefüggésének megfogalmazása is megjelenik bennük.

A faanatómia fejlődése szorosan kapcsolódott a mikroszkóp feltalálásához. Robert Hooke (1667) felismerte a növények sejt szerkezetét és a parafa vizsgálata során a benne látott méhsejtszerű üregek leírására alkotta meg a „sejt” szót. Marcello Malpighi 1675-ben publikálta a növények szerkezetére vonatkozó makroszkopikus és mikroszkopos megfigyeléseit az „*Anatome Plantarum*” című könyvben. Foglalkozott a kéreg szerkezetével, azonosította a spirális megvastagodású sejteket, a bélsugarakat, az udvaros gödörkéket a fenyőknél és a tilliszeket a lombos fáknál. A növény szerkezetan atyjának tar-

tott Nehemiah Grew néhány évvel később kiadta a „Növények anatómiája” (1682) című munkáját, melyben összehasonlító mikroszkópos leírásokat adott a fenyőfélék és lombos fajok belső szerkezetéről, azok háromdimenziós megjelenéséhez viszonyítva. Grew egyértelműen kijelentette, hogy munkájának célja az volt, hogy közös és megkülönböztető anatómiai jellemzőket keressen, amit a rendszerezett növényanatómia kezdetének tekinthetünk. Antoni van Leeuwenhoek, a mikroszkópos növényanatómia harmadik úttörője, leírta (1722) számos lombos és néhány fenyő jellemzőit, valamint felismerte a sejtfal makrofibrilláris alkotóelemeit. Összefüggést talált az évgyűrűszélesség és a fa minősége között a gyűrűslikacsú fáknál, de rájött arra is, hogy ez a kapcsolat a fenyőknél épp az ellenkezője. Annak ellenére, hogy számos félreértéshez vezetett a növényi szerkezet struktúrájának és funkcióinak összehasonlítása az állatokéval, ők hárman a faanatómia és fabiológia megalapítóinak tekinthetők.

A 18. század a fabiológiájában jelentős előrelépés nélküli stagnálás időszaka volt. A témában megjelent legfontosabb tanulmány ekkor a John Hill nevéhez fűződő „The Construction of Timber” (1770) című mű. Hill már festőanyagokat is használt a növények mikroszkopikus anatómiájának tanulmányozása során, és felismerte az edény-rost kötegek jelentőségét.

A mikroszkópos technika tökélesedésével tovább fejlődhetett ez a tudományterület is. A kambium felfedezése és annak leírása kiemelendő fontos lépés volt a növekedés megértése és magyarázata szempontjából. Különösen Carl W. von Nägeli munkája járult hozzá ehhez jelentősen, aki a felállított egy hipotézist a sejtfal fibrilláris szerkezetére. Polarizált fénymikroszkóp segítségével pedig Hugo von Mohl (1851) volt az első, aki leírta a sejtfal többrétegű felépítését. 1870 körül már néhány alapelv ismert volt a fa sejtfalának kialakulásával és szerkezetével kapcsolatban.

A fénymikroszkópia 19. és 20. századi fejlődésével párhuzamosan, az elektronmikroszkópia bevezetésével a huszadik század ötvenes éveiben, valamint a spektroszkópiai módszerek és a szinkrotronsugárzás alkalmazása az utóbbi évtizedekben egyre több részletet tárt fel a szövet, sejt és molekuláris szinten. Irving W. Bailey (1938, 1939, 1958) több cikket publikált a fa szövetek szerkezetéről, és munkatársaival együtt feltárta a sejtfal finomszerkezetének részleteit. Johannes Liese (1950) pedig már összekapcsolta a faanatómiát a faanyagvédelemmel.

A faanatómia tudományterületének kiteljesedéséhez számos tudós hozzájárul a világ minden tájáról, többek között a Nemzetközi Faanatómusok Szövetsége (IAWA) keretein belül is. Az elmúlt évtizedekben a módszertani fejlesztések további javulásával a faanyagokkal foglalkozó tudósok és a botanikusok egyre inkább a fa kialakulásának biokémiai és molekuláris vonatkozásaira összpontosítottak (Fromm 2013). A molekuláris technikák és a DNS-markerek használata mellett azonban a klasszikus makroszkópos és mikroszkópos faazonosítás is nélkülözhetetlen például a CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) keretében védett növényfajok azonosítására.

A faanatómia oktatása

A faanatómia oktatást nem lehet élesen elválasztani az erdészeti növénytantól, mivel mindkettő oktatása gyakorlatilag azonos töről fakad. A faanatómiai ismeretek oktatása a Selmecbányán elinduló erdőmérnök képzésben folyamatosan jutott egyre nagyobb szerephez. Kövessi Ferenc (1875–1945) a Bányászati és Erdészeti Főiskola növénytani tanszékének tanára hallgatói számára több tankönyvet is írt. „Vezérfonal az erdészeti főiskolán a növényanatómiai gyakorlatok végzéséhez” című kötete 1907-ben jelent meg. Ezt olyan művei követték, mint „A fák anatómiája és fiziológiája” (1908), „Növénytan II. rész” (1910), „Növénykórta. Pathológia” (Csáky 2003).

Fehér Dániel a selmecbányai bányászati és erdészeti főiskolán 1912-ben szerzett erdőmérnöki oklevelet, Majd 1918-ban visszakерült Selmecbányára a növénytani tanszékre tanársegédként. Tanulmányait folytatva, 1920-ban kémia és növénytan tárgyakból bölcsészdoktori oklevelét szerzett Bécsben, az osztrák fővárosban. Részt vett a Selmecbányai főiskola áttelepítésében Sopronba, ahol 1920-tól az áttelepített bányá- és erdőmérnöki főiskolán oktatott, 1921-től adjunktusi, 1923-tól rendkívüli tanári és 1926-tól rendes tanári címmel.

Fehér Dániel szakírói munkássága is igen jelentős, de nem a botanikával jutott el munkásságának legkiemelkedőbb területéhez, az erdők szénkörforgalmához, hanem ezeken keresztül. Fő szakírói tevékenységét is ezen a tudományterületen fejtette ki, de 1928 és 1935 között Mágócsy-Dietz Sándorral három kötetben összefoglalta az erdészeti növénytant, a morfológiát, a fiziológiát és a részletes növénytant (Erdészeti növénytan I–II–III. Sopron, 1929–1935).

A Faipari Mérnöki Kar megalakulása előtt 1949-ben a Növénytani Intézet akkori vezetője, Fehér Dániel vette magához tanársegédnek Gencsi Lászlót, aki 1951-től adjunktusként, majd pedig 1975-től egyetemi tanárként, a későbbi Növénytani Tanszékot vezette (Bartha 2022). Mivel azonban Fehér Dániel professzort teljesen lekötötték a dékáni és a kutatási feladatok, ezért a jegyzetírás főleg Gencsi Lászlóra hárult, amelynek eredményeként több kiváló mű is született, mint pl. az Erdészeti növénytan a szakközépiskolák számára (1950), Erdészeti növénytan I. – Általános növénytan (1950) és az Erdészeti növénytan II. – Növényrendszertan (1950).

Az 1957 megalakuló Faipari Mérnöki Karon először az „Általános növénytan” és a „Dendrológia” tantárgyak keretében kezdődött meg az oktatás, ami a két tárgy összeolvasásával „Faipari növénytan” néven került a Faanyagismeretani tanszékhez. A tananyag kidolgozása is Gencsi László (1924–2022) nevéhez köthető, aki a „Faipari növénytan” jegyzetében a növénytani és faanatómiai tananyagot kidolgozta. Ezen kívül a különböző fajok meghatározásával is segítette az egyetemi hallgatók munkáját, a „Fahatározó: a fontosabb erdei fajok meghatározása a fatestük szerkezetéből folyó tulajdonságaik alapján.” c. oktatási segédletével (1969a). Az 1980-ban megjelenő Erdészeti növénytan és az 1992-ben megjelent Gencsi László és Vancsura Rudolf a Dendrológia, Erdészeti növénytan II. c. könyvben a faanatómiai rész megírása is az ő nevéhez köthető (Bartha 2022), amely könyvek ma is alapműként szolgálnak.

A Faipari Mérnöki Karon Lámfalussy Sándor (1890–1975), aki Pally Nándorral együtt kezdeményezője volt a hazai faipari mérnök képzés megszervezésének, 1948-tól 1961-ig volt az Erdőhasználat Tanszék vezetője. Négy éven keresztül a Fatechnológia Tanszék vezetését is rábízák, ahol többek között oktatja a Fakereskedelemtant, a Fűrészüzemtant és még két évig a „Hazai fák anatómiája” c. tárgy oktatását is végezte (Tóth 2011).

Török Béla (1894–1934) professzor a faanyagminőség és az erdő kapcsolatának elmélyült kutatója volt. „Első „fatechnológusként” méltán került erdésznyajaink arcképcsarnokába”, mondta Molnár Sándor róla (Molnár 1998). 1926-ban vette át a Fatechnológia oktatását, s látva a tudományterület hazai elmaradását, külföldön képezte tovább magát. Rövid életútja során is kimagasló szakirodalmak fémjelezték szakmai munkásságát (Török 1929a, 1929b, 1933).

A Fatechnológia Tanszék vezetői közül Pally Nándor, Kovács Illés és Hargitai László munkássága emelkedik ki. Kovács Illés a kor újdonságnak számító faanatómiai kutatás eredményeit a Faanyagismerettan c. szakkönyvében foglalta össze (1979).

A faipari végzettséget szerző diákok számára a faanatómia oktatása előbb a Faanyagismerettani tanszék majd később a Faanyagtudományi Intézet, a Faipari és Műszaki Intézet, jelenleg pedig az Alaptudományi Intézet néven működő szervezeti egységben folyik. Kezdetben „Faanatómia” majd „Fabiológia”, napjainkban pedig „Faanyagismeret” című tárgyak keretében történik. Oktatói az évek során Molnár Sándor, Peszlen Ilona, Németh Róbert, Fehér Sándor, Paukó Andrea, Komán Szabolcs voltak. A hallgatók számára a tananyag elsajátításához többek közt „A fatest háromdimenziós szerkezete” (Butterfield et al. 1997), „Faanyagismeret” (Molnár S. 1999), Magyarország ipari fái (Molnár & Bariska 2002), Faanatómia (Molnár et al. 2007), Földünk ipari fái (Molnár et al. 2016) könyvek szolgálnak.



Faanatómia gyakorlati oktatása a 70-es években és napjainkban (Fotó: Anon.)

Faanatómia kutatások

A faanatómia oktatásával párhuzamosan folyó kutatások már Selmecebányán is folytak. Tuzson János (1870–1943) a Selmecebányai Erdészeti Akadémia növénytan tanára a fás növények anatómiájával kapcsolatban jelentette meg „A fák anatómiai szerkezetéről” (1898) és „A növények belső szerkezete” (1907) című munkáit. Éveken át szerkesztette

a „Növénytan Közlemények” botanikai folyóiratot. Doktori dolgozata többek között a vörösfenyő anatómia vizsgálatát is tartalmazta. Jelentős kutatásokat végzett a bükk álgesztesedésével kapcsolatban. Vadas Jenő (1857–1922) „Az akácfa monográfiája” című (1911) több nyelven megjelent művében elsőként írja le az akác fatestének és kérgének anatómia jellemzőit. Mágocsy-Dietz Sándor (1855–1945) faanatómia vizsgálataiban a gesztesedés és az évgyűrűszélesség összefüggéseivel foglalkozott.

Hollendonner Ferenc (1882–1935) a korszerű magyar növényszövettani és faanatómia kutatások egyik elindítója. Nevéhez fűződik az elszenesedett fák mikroszkópos vizsgálatának kidolgozása, feldolgozta számos régészeti ásatás emberi tevékenységgel összefüggő megégett famaradványait. Fő műve „A fenyőfelék fájának összehasonlító szövettana” 1913-ban jelent meg.

A faanatómia kutatások nemzetközileg is elismert úttörője Greguss Pál (1889–1984) szegedi professzor, összeállította a magyarországi és a közép-európai lombosfák és cserjék meghatározókulcsát és új eredményeket ért el a fák és cserjék szövettani meghatározása terén. Több prehistorikus faanyagot és faszénmaradványt vizsgált meg. „Az élő nyitvatermők xylogomiája” (1956) akadémiai doktori disszertációjában mintegy 1500 fényképet és 350 táblarajzot közöl a témával kapcsolatban.

Gencsi László professzor nem csak az oktatással törődött, hanem munkássága során egyrészt az erdeifenyő törzs- és korona fejlődését, ill. az élő fa koronájának asszimilációs és légzési tevékenységét, másrészt az anatómiai és a szilárdsági jellemzők közötti összefüggéseket kutatta (Gencsi 1967, 1969b, 1973).

Jelentős eredmények születtek a Faipari Kutató Intézetben (FAKI), ahol elsősorban ipari kutatások folytak. Filló Zoltán (1962a) az anatómiai jelleg és az ipari felhasználhatóság közötti összefüggéseket kereste a nyárok esetén. A kvantitatív xylogómiai vizsgálati módszer kidolgozása mellett, cél volt az anatómia jellemzők alapján levont következtetések ipari vonatkozásnak megadása. A fehér fűz farostok mikrostruktúrájának elemzése (1964a) a törzs és az ág viszonyában, a Mohácsi Farostlemezgyár által feldolgozott alapanyag vizsgálatát képezte. Az eredmények a farostlemezek fizikai-mechanikai jellemzőivel kerültek összevetésre. A csertölgy (1962b) esetében is folytak kvantitatív xylogómiai vizsgálatok, de a bálványfa (1964b) faanatómiai tulajdonságai is meghatározásra kerültek az ipari felhasználhatóság kérdéskörében.

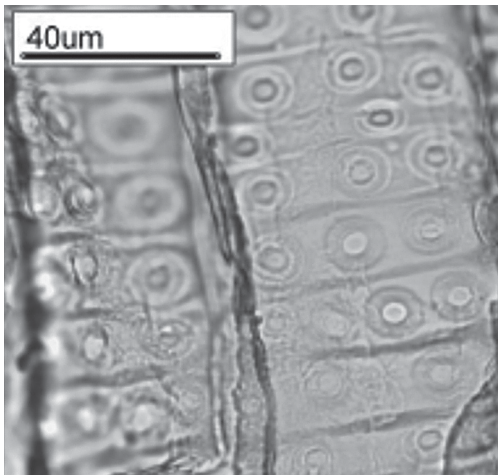
Az ELTE Növényismereti Tanszékén és a FAKI tevékenységén belül Babos Károly (1938–2005) biológiai- és növényanatómiával, elsősorban fás növények xylogomiájával kapcsolatban végzett kutatásokat. Régészeti faanyagok, faszemek, de az ipari fák anatómiai jellegzetességeit is vizsgálta. Társszerzőként részt többek között a témát érintő a „Haszonfák” (1979) című könyv elkészítésében is. Több nemesnyár fajta és fajtajelölt anatómiai jellemzőit vizsgálta a hasonló vizsgálatok pontosítása és kiegészítése céljából. Nem titkolt célja az volt ezzel a kutatással, hogy az erdészeti fajtanemesítők munkáját folytatva, meghatározza az új klónok faanatómiai, fizikai, mechanikai tulajdonságait. Babos Károly halálával, ezt a nagy volumenű munkát Molnár Sándor professzor vette át és folytatta a Soproni Egyetem Faanyagtudományi Tanszékén kollégáival karöltve.

A Soproni Egyetem Faanyagtudományi Tanszékén majd jogutójaiban napjainkig is folynak faanatómiai kutatások. Az anatómiai egyedi jellemzők, rendellenességek tekintetében kiemelkedik Peszlen Ilona munkássága (Peszlen 1993; Peszlen & Molnár 1996), aki elsőként hívta fel a figyelmet a nyárfáknál igen gyakori, ún. géles rostú reakciófa elfordulására. OTKA kutatása keretében a juvenilis fa és a reakciófa vizsgálatát végezte ültetvényes faanyagokon.

Molnár Sándor professzor (1944–2014) elsősorban akác és nyár faanyagok anatómiai jellemzőinek területén végzett kutatásokat. Tagja volt többek közt a Faanatómusok Nemzetközi Szövetségének (IAWA). A Faanyagtudományi Intézet vezetőjeként a 2007-ben felfedezett bükkábrányi ősfák maradványainak vizsgálatait végezte kollégáival (Fehér et al. 2008).

A faanatómia területén több doktori dolgozat is született (Fehér 2003; Paukó 2003; Komán 2012; Antalfi 2015; Báder 2021). E tudományterület minden bizonnyal a jövőben is doktori kutatások tárgyául szolgál.

*Bükkábrányi ősfá lelet
(Fotó: Molnár Sándor, 2007)*



Ősfá metszet (Fotó: Antalfi Eszter, 2015)

Irodalom

- Antalfi E. 2015: Bükkábrányi fosszilis leletek fajaj azonosítása és a Cupressaceae család egyes fajainak dendroklimatológiai vizsgálata. Doktori (PhD) értekezés. Nyugat-magyarországi Egyetem, Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola.
- Babos K., Filló Z. & Somkuti E. 1979: Haszonfák. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 315 o.
- Báder M. 2021: A természetes faanyag tulajdonságainak módosítása termo-hidromechanikus és vegyi eljárásokkal. Doktori (Ph.D.) értekezés. Soproni Egyetem Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola.
- Bailey I. W. 1938: Cell wall structure of higher plants. *Industrial & Engineering Chemistry* 30(1): 40–47
- Bailey I. W. 1939: The microfibrillar and microcapillary structure of the cell wall. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 66: 201–13.
- Bailey I.W. 1958: Need for a broadened outlook in cell wall terminologies. *Phytomorphology*, 7: 136–38.
- Bartha D. 2022: Gencsi László (1924–2022). *Botanikai Közlemények* 109(1): 1–6.
- Butterfield B. G., Meylan B. A., & Peszlen I. 1997: A fatest háromdimenziós szerkezete. *Faipari Tudományos Alapítvány*, Budapest. 148 o.
- Csáky K. 2003: Híres selmecbányai tanárok. *Lilium Aurum*, Dunaszerdahely, 218 o. ISBN 80-8062-166-7
- Fehér D, & Mágocsy-Dietz S. 1929: Erdészeti növénytan I–III., Sopron, 1929–1935.
- Fehér S. 2003: Mechanikai sebzések hatása az ezüst hárs (*Tilia argentea* Desf.) és a szürke nyár (*Populus x canescens* (Ait.) Smith) anatómiai, fizikai és mechanikai tulajdonságaira. Doktori (Ph.D.) értekezés. Nyugat-Magyarországi Egyetem Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola.
- Fehér S., Antalfi E., Börcsök Z. & Molnár S. 2008: A bükkábrányi ősfák anatómiai és sűrűségi vizsgálata, *Faipar*. LVI:9–15.
- Filló Z. 1962a: Hazai rezgőnyárok és természetes nyárok kvantitatív xylotómiai vizsgálata. *Faipari Kutatások*. *Faipari Kutató Intézet* Budapest, 1:3–33.
- Filló Z. 1962b: A cserfa (*Quercus Cerris*) anatómiai vizsgálata. *Faipari Kutatások*. *Faipari Kutató Intézet*, Budapest, 2:145–168.
- Filló Z. 1964a: A fehér fűz (*Salix Alba*) anatómiai vizsgálata. *Faipari Kutatások*. *Faipari Kutató Intézet*, Budapest. 2:289–319.
- Filló Z. 1964b: Vizsgálatok a Bálványfa (*Ailanthus Glandulosa*) ipari felhasználhatóságával kapcsolatban. *Faipari Kutatások*. *Faipari Kutató Intézet*, Budapest. 1: 223–258.
- Fromm J. 2013: Cellular aspects of wood formation. Springer Berlin, Heidelberg, 260 o.
- Gencsi L. & Kricsfalvi V. 1950: Erdészeti növénytan az erdészeti technikumok I. osztálya számára. (ideiglenes tankönyv) *Földművelésügyi Minisztérium szakoktatási főosztálya*, Budapest, 238 o.
- Gencsi L. 1950: Erdészeti növénytan I. Általános növénytan. (kézirat, Fehér D. egyetemi ny. e. tanár előadásai alapján) *Agrártudományi Egyetem Tanulmányi Osztály*, Sopron, 100+74 o.
- Gencsi L. 1950: Erdészeti növénytan II. Növényrendszertan. (kézirat gyanánt, Fehér D. egyetemi ny. e. tanár előadásai alapján) *Műszaki Egyetem Tanulmányi Osztály*, Sopron, 123 o.
- Gencsi L. 1967: A szöveti felépítés változása az erdeifenyő fatörzsének különböző részeiben. *Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közleményei* 1–2: 95–119.

- Gencsi L. 1969a: Fahatározó: a fontosabb erdei fafajaink meghatározása a fatestük szerkezetéből folyó tulajdonságaik alapján. (egyetemi jegyzet) Erdészeti és Faipari Egyetem Erdőmérnöki Kar, Sopron, 26 o.
- Gencsi L. 1969b: Az anatómiai jellemzők átlagos értékeinek változása az erdeifenyő fatörzsének hosszában. Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közleményei 2: 33–46.
- Gencsi L. 1972: Faipari növénytan. (egyetemi jegyzet) Erdészeti és Faipari Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Sopron, 236 o.
- Gencsi L. 1973: Az erdeifenyő klónok összehasonlító anatómiai vizsgálata. Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közleményei 3: 55–72.
- Gencsi L. 1980: Erdészeti növénytan, I. kötet: Növényszervezet, növényélettan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 367 o.
- Gencsi L., & Vancsura R. 1992: Dendrológia. Erdészeti növénytan II. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 728 o.
- Greguss P. 1956: Az élő nyitvatermők xylotómiája. Akadémiai doktori disszertáció (Kéziratban).
- Hill J. 1770: The construction of timber. Printed for the author by Baldwin R., Ridley J., Nourse J., Becket T., Elmsly P., Campbell J., & Davies T.
- Hollendonner F. 1913: A fenyőfélék fájának összehasonlító szövettana. Országos Erdészeti Egyesület Budapest, 187 o.
- Hook R. 1667: Micrographia: or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses: with observations and inquiries thereupon. London.
- Komán Sz. 2012: Nemesnyár-fajták korszerű ipari és energetikai hasznosítását befolyásoló faanatómiai és fizikai jellemzők. Doktori (Ph.D.) értekezés. Nyugat-Magyarországi Egyetem Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola.
- Kovács I. 1979: Faanyagismeret. Budapest.
- Kövessi F. 1907: Vezérfonal az erdészeti főiskolán a növénytan-anatómia gyakorlatok végzéséhez. 1-11. rész. Joerges, Selmecbánya.
- Kövessi F. 1908: Fák anatómiája és fiziológiája. Könyomat, Selmecbánya, 182 o.
- Kövessi F. 1910: Növénytan 2. Növényrendszertan. Könyomat, Selmecbánya, 565 o.
- Leeuwenhoek A. 1722: Opera omnia sive arcana naturae. Lejda.
- Liese J. 1950: Handbuch der Holzkonservierung. Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg.
- Malpighi M. 1675: Anatomie Plantarum. Regiae Societati, Londini ad Scientiam Naturalem promovendam institutae, dicata. 82 o.
- Mohl H. 1851: Grundzüge der Anatomie und Physiologie der vegetabilischen Zelle. Braunschweig, F. Vieweg und Sohn.
- Molnár S. 1998: Török Béla élete és munkássága. Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar, Sopron.
- Molnár S. 1999: Faanyagismeret. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 471 o.
- Molnár S. & Bariska M. 2002: Magyarország ipari fái. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 210 o.
- Molnár S., Peszlen I. & Paukó 2007: A Faanatómia Budapest, Magyarország: Szaktudás Kiadó, 224 o.
- Molnár S., Farkas P., Börcsök Z. & Zoltán Gy. 2016: Földünk ipari fái. ERFARET Nonprofit Kft., Sopron, 616 o.
- Nehemiah G. 1682: The Anatomy of Plants. London
- Paukó A. 2003: Lucfenyő és erdeifenyő ültetvények faanyagminőségének összehasonlító vizsgálata. Doktori (Ph.D.) értekezés. Nyugat-Magyarországi Egyetem Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola.

- Peszlen I. 1993: Influence of site, clove, age and growth rate on wood properties of *Populus euramericana* clones. Dissertation, Virginia, Polytechnic Institute and State University.
- Peszlen I. & Molnár S. 1996: Magyar nyárklónok fatechnológiai tulajdonságai. *Bútor és Faipar*, II. (11-12): 26–28.
- Sokoloff D. D., Jura-Morawiec J., Zori, L. & Fay M. F. 2021: Plant anatomy: at the heart of modern botany, *Botanical Journal of the Linnean Society*. 195(3): 249–253.
- Tóth S. 2011: Lámfalussy Sándor. Faipari Tudományos Egyesület, Sopron, 28 o.
- Török B. 1929a: A fa mechanikai technológiai vizsgálatának erdőgazdasági jelentősége. *Erdészeti Kísérletek*, 166–176.
- Török B. 1929b: A favizsgálatok szabványosításának kérdéséhez. – *Erdészeti Kísérletek*, 22–25.
- Török B. 1933: Összehasonlító vizsgálatok a lucfenyő anatómiai szerkezete és műszaki minősége közötti összefüggések megállapítására. *Erdészeti Kísérletek*, 228–281.
- Tuzson J. 1898: A fák anatómiai szerkezetéről. *Erdészeti Lapok Budapest*. 37(6).
- Tuzson J. 1907: A növények belső szerkezete. – A növényország rendszere áttekintése. In: Entz, Géza & Mágócsy-Dietz S. (eds.) *Az élők világa: növény- és állatország. A műveltség könyvtára* (5). Athenaeum, Budapest.
- Vadas J. 1911: „Az akácfa monográfiája”. Országos Erdészeti Egyesület. Budapest.

Wood Anatomy

Anatomy is one of the oldest branches of botany, wood anatomy forming a special area of it. Studies on the macroscopic structure of timber dating from ancient times have been found, but the significant development of the science came with the invention of the microscope. As a result, the foundations of wood anatomy and wood biology were laid down in the 17th and 18th centuries. As the microscope technique perfected itself, several new findings and increasingly detailed materials were published. At present, too, many scientists all over the world contribute to elaborating wood anatomy, and the continued development of methodologies will further broaden this branch of science. The education of wood anatomy is closely linked to that of forest botany, which had already acquired an increasingly important role in the training of forestry engineers that had begun at Selmechánya (present day Banská Štiavnica, Slovakia). Wood anatomy became a subject in its own right in the training of wood technology engineers, laying the foundations of further branches of science linked to wood utilization and processing. Parallel to education, researches in the field of wood anatomy were not only conducted at the university, but in research institutes established for this purpose. Initially, a significant part of the researches targeted the histological determination of wood species, gradually complemented by correlations between their anatomical features and uses. In connection with cross breeding of cultivars, wood anatomical researches are conducted to explore characteristics of new clones, identify archeological findings, supplemented by using molecular techniques and DNA markers.