

Röntgentechnikai cellulóz és rostvizsgálatok IV.

(Az ép és a beteg faanyag „finomszerkezeti” jellemzői.)

Worschitz Frigyes, okl. erdőmérnök, erdőmérnöki doktor.

A fa fizikai vizsgálatával kapcsolatban végzett kutatásainknak célja a röntgensugárzás anyagvizsgálati lehetőségeinek alkalmazása és módszereinek kidolgozása volt. Az abszorpció fotokémiáján nyugvó átvilágítással kapcsolatos vizsgálatokat már korábban ismertettem. Ebben, valamint az ezután következő dolgozatomban a sugárzás reflexióján alapuló ú. n. „finomszerkezeti” vizsgálatok azon vonatkozásairól kívánok megemlékezni, amelyek a faanyag minőségi elemzésének és a fajmeghatározásának alapjait hivatottak megadni.

Fínomszerkezeten a mikroszkóp feloldóképességét messze meghaladó ú. n. *metahistológiai szerkezetet* értjük, tehát azokat a szerkezetelemeket, amelyek mint kristallitok (micellák) és makromolekulák („főértékláncok”) stb. az utolsó látható egységek, a fibrilláknak az építőkövei.

A finomszerkezet-vizsgálatokról általában ez alkalommal nem kívánok részletesen szólni, csak annak a kiemelésére szorítkozom, hogy a fa alapanyaga, a cellulóz sokkristályos szerkezete által meghatározott molekulaváza, a beeső elemző röntgensugarat meghatározott törvényszerűségek szerint elhajlítva, a visszavert sugárzást az útjába állított fényérzékeny lemezen olyan spektrumrend, diagramm leképezésére készíti, amelynek mindenkor kialakulásából, a fa makro- és mikroszkópos anyagszerkezetének ismeretében, bizonyos faji és minőségi tényezők levezetésére van módunk. Ezekre a fa anyagvizsgálatában annál is inkább szükségünk lehet, mivel ezeknek a minőségi tényezőknek a meghatározása az anyagot szerkezetében is érintetlenül hagyja, s mert sok esetben döntő fontosságú.

A növényi rostképletek finomszerkezetére vonatkozó vizsgálatokkal kapcsolatban nyert eredmények vezettek arra a gondolatra, hogy a növényi rostanyagok legfontosabbjait, a farostokat, egészséges és beteg, gombainficiálta egyedeiket, a gyakorlatban leginkább szerephez, ipari felhasználáshoz jutó fajok szerint, összehasonlító vizsgálat alá vegyük. Kutatásaink közelebbi célja a rostdiagrammok kifejlődése, topográfiája révén ezen fajok ép és beteg anyagának finomszerkezeti jellemzőinek meghatározása, s evvel egyidejűleg olyan röntgenfizikai vizsgálati lehetőség felkutatása volt, amely mikroszkopos és biológiai vizsgálatok nélkül, avagy ezek kiegészítéseként, alapot nyújthat annak meghatározására, ami adott fa-test egészséges, ép rostjait a betegtől s beteg, gombafertőzte anyagát az ú. n. fáradttöréses (Dauerbruch) anyagtól a finomszerkezet tekintetében megkülönbözteti.

Vizsgálataink céljának megfelelően vizsgálati anyagunk fafaj és kórokozó szerint a következő volt:

Fafaj:

1. Tölgy	<i>Fomes fomentarius</i>
2. Tölgy	<i>Fomes igniarius</i>
3. Tölgy	<i>Trametes radiciperda</i>
4. Tölgy	<i>Polyporus hispidus</i>
5. Tölgy	<i>Polyporus igniarius</i>
6. Gyertyán	<i>Stercum fustulosum</i>
7. Nyír	<i>Polyporus betulinus</i>
8. Lúcfenyő	<i>Merulius lacrimans</i>
9. Lúcfenyő	<i>Frametes pini</i>

Gombafaj:

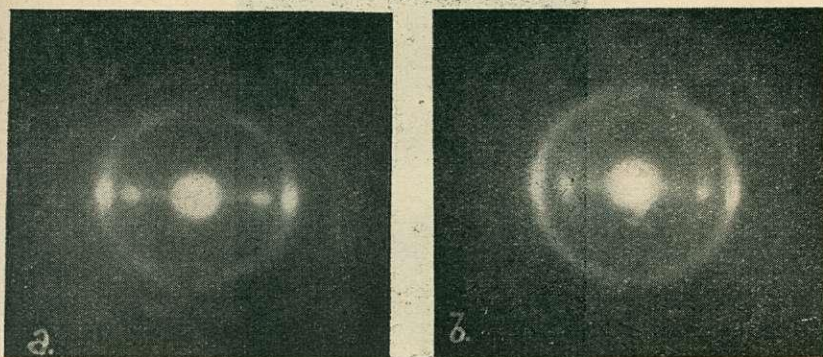
Az egészséges, ép anyag az előző közleményünkben felsorolt 17 hazai és 10 exotikus fajból való.

I. Az ép faanyag finomszerkezeti jellemzői.

Az elemzett rostkötegek röntgenspektrumainak „rost”-, vagy *Debye-Scherrer-Hull*-gyűrűs reflexiós rendje, ugyanazon morfológiai egységen és képleten belül, azonos besugárzási körülmények között szükségszerűen azonos. *Diagrammváltozás* esetén aszerint, hogy a reflektált sugárzás pontrendjei sávokká vagy teljes gyűrűvé, avagy fordítva alakulnak át, az elemzett rost-

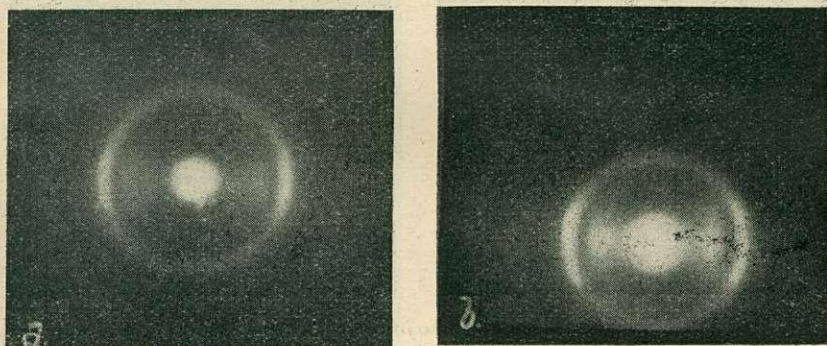
anyag anatómiai szerkezetében beállott zavarra lehet és kell következtetnünk, mivel a növényi rostok alapanyaga, a cellulóz s ennek orientált kristallithalmaz, amelyhez tengelyirányú lefutású fibrillák esetén jutunk, — mindig egyazon pontrendben, az ú. n. rostdiagrammban veri vissza az elemző röntgensugarat. A *reflektáló finomszerkezet* ezen állandóságában adhatjuk meg az ép faanyagok minőségi elemzésének alapját s ezzel annak lehetőségét, hogy a rostdiagramm mindenkor topográfiájából, tehát reflexióinak szimmetriaeloszlásából, az elemzett faanyag azon kötegének szerkezetére, amelyet a röntgensugár mélységben áthat, következtessünk. A *minőségi elemzés* az anatómiai szerkezetjellegek kitapintásában áll, amelyek az anyag szilárdságtani jóságának tényezői, s a szerkezeti jellegek kitapintása viszont a fibrilla-lefutás típusa szerint kialakuló reflexiós rendek alapján adott, ha — mint föltételeztük —, a fatest anyagáról, tehát fibrovazális jellegű rostkötegekről van szó, miközben a fiber-rostok sejtfalszerkezetére, tehát azok fajtájára, mely viszont szövettani tényezője a mindenkor szilárdságtani jóságnak, a *pont- vagy sáveffektusok*, a velük járulékos vazális elemekre s az azokat kvázi-beágyazó parenchímás zónák mennyiségi viszonyaira pedig, a *gyűrűs fedés* foka utal. A *faanyag rostszerkezetének reflexióiból*, ha azok a *tiszta pontszerűség felé tartanak*, a *szilárdságtani tényezők fokozódó javulására*, ha pedig azok a *sávós effektuson át, gyűrűkbe vesznek*, a *szilárdságtani tényezők fokozódó rosszabbodására* következtethetünk. A vizsgálatra került faanyag ilyen következtetések levezetését azonban csak akkor engedi meg, ha a fafaj ugyanaz, s ha a besugárzási irány (fenyőknél különösen) gondosan azonos értelemben tartatott be. Minden más esetben a röntgenfizikai minőségi elemzés ezen fejezetei csak akkor használhatók, ha módunk adódik arra, hogy a vizsgálandó faanyagot bélsugárközti zónájában, ill. az érintőirányú tracheidafal-sorokra merőlegesen (fenyőknél), megvizsgálhatjuk, s ha a nyert rostdiagramm részleteiben is azonos.

Hogy azonos makroszerkezeti jellegek mellett, tehát rátekintésre hasonló, azonos fajú, faanyag röntgenreflexiói, az *anatómiai elemek változása esetén*, milyen fokban és értelemben



1. ábra. Tölgy.

- a) Fokozott rostjelleg: gyűrűsen fedett ponteffektus.
 b) Fokozott edényjelleg: gyűrűsen fedett sáveffektus.

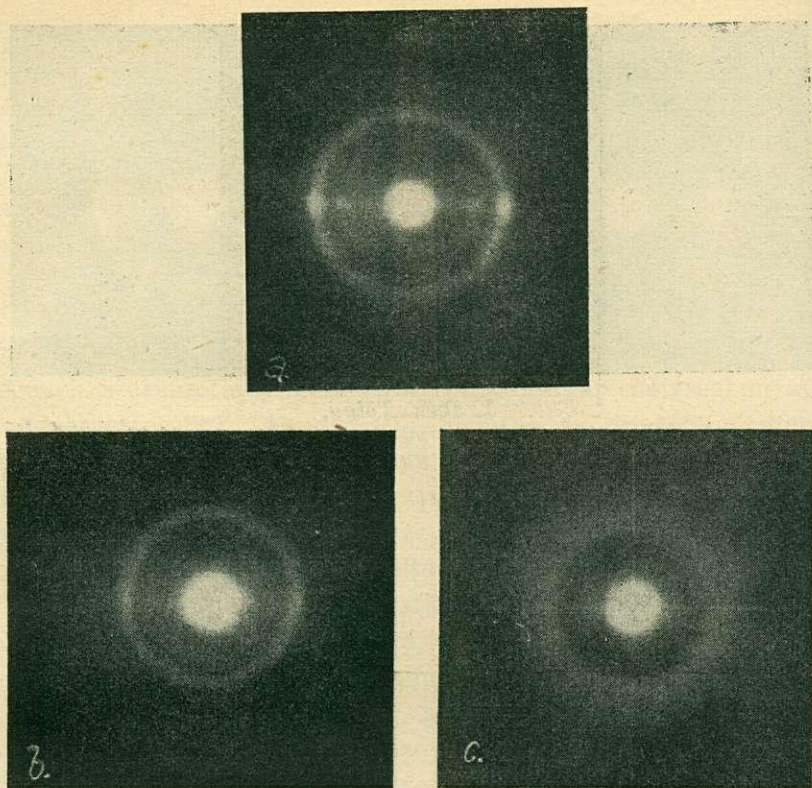


2. ábra. Erdei fenyő.

- a) Kisszámú gyantajárat: gyűrűsen fedett sáveffektus fokozatos átmenetekkel.
 b) Nagyszámú gyantajárat: gyűrűsen fedett sáveffektus, hirtelen átmenetekkel.

térhetnek el, azt az 1. és 2. ábrákban láthatjuk. Az 1. ábra felvételsora tölgyet ábrázol, mégpedig a) fokozott rostjelleg (= pontszerű reflexió), mellett tömött szerkezettel (nagy szilárdság), ill. b) fokozott edényjelleg mellett (= sáveffektusos, gyűrűs fedés), laza szerkezettel, (kis szilárdság). A szembenálló ezen két tölgyfajta fajsúly tekintetében azonos volt.

A 2. ábra felvételsora erdeifenyő-anyag röntgenreflexióit tünteti fel, mégpedig természetszerűleg azonos besugárzási irány, ill. a sejtfalsorok azonos irányítottsága mellett a gyantajáratok kis (jobb műszaki minőség) és nagy száma (silány



3. ábra. Adott fajdon adott kórokozó.

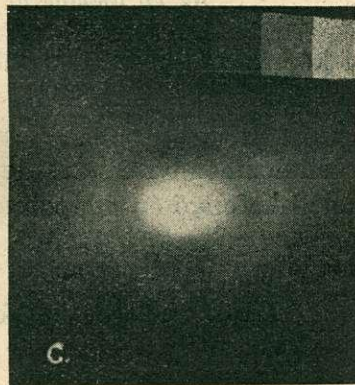
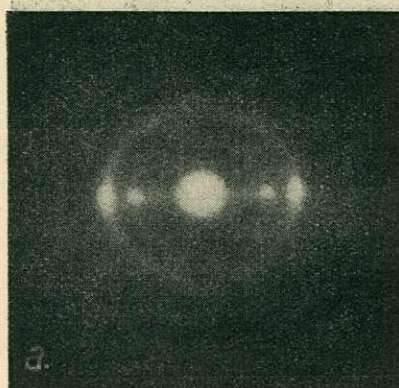
- a) Ép tölgyrost: gyűrűsen fedett ponteffektus.
- b) *Trametes radiciperda* által inficiálva, kezdeti állapot: gyűrűs effektus, éles.
- c) *U. a.*-zal inficiálva, végső állapot: gyűrűs effektus, elmosódott.

minőség) esetén. Az előbbinél a gyűrűsfedés intenzitása kisebb, s a sávok intenzitás-csökkenése a sávfelező vízszintes diagramm-tengelytől távolodva fokozatos, az utóbbinál a gyűrűsfedés nagyobb, s a sávok intenzitáscsökkenése ugrásszerű.

II. A beteg (inficiált) faanyag finomszerkezeti jellemzői.

Az ép anyag pontszerű vagy sávós röntgenreflexióival szemben, a beteg anyag finomszerkezete gyűrűs reflexiót eredményezett.

a) Adott fajdon jelentkezett adott kórokozó, az inficiálás, ill. betegség előrehaladottságának állapota, tehát a cellulóz alapanyag áthasonulásának foka, a „korhadás” mértéke sze-



4. ábra. Adott fafajon különböző kórokozók.

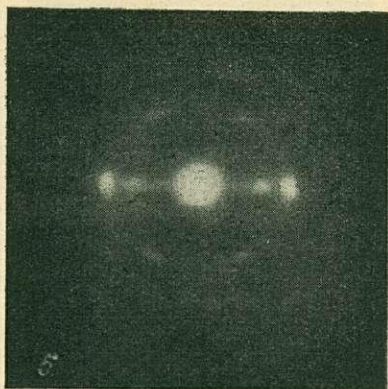
a) Ép lucfenyőrost: gyűrűsen fedett ponteffektus.

c) *Merulius lacrimans* által inficiálva: gyűrűs effektus, elmosódott.

b) *Trametes pini* által inficiálva: gyűrűs effektus, éles.

rint, a rostok jellemző spektrumrendjeit eltüntette. Az anyagot átjárt micélium mechanikai és kémiai hatásával a szövettani egységek alakelemeiben, a sejtfal és fibrillaszerkezetben fennálló paratrópiát, azok meglazításával, ill. a cellulóz bontásával felborította, minek következtében a felvétel a bomlás folyamán csökkenő cellulóz mennyiséggel arányban éles, vagy elmosódott zárt interferenciagyűrűt eredményezett. (3. ábrán: a) felvétel: Ép tölgyrost. b) és c) felvétel: *Trametes radiciperda* által inficiált s a bomlás kezdeti és végső állapotában talált tölgyrost).

b) Adott fafaj és különböző kórokozó esetén a finomszer-



5. ábra. Fáraddtöréses faanyag.
Az ép anyagéval azonos ponteffektus.

kezeti kép hasonló jellegek mellett alakult ki, mivel a bomlás folyamatának röntgenreflexiói a gombára jelezgetések nem voltak. A zárt gyűrűk élessége, vagy elmosódott volta, itt is egyedül a cellulózmennyiség csökkenésével kapcsolatos. (4. ábrán: a) felvétel: Lúcfenyő ép állapotban. b) és c) felvétel: *Merulius lacrimans* és *Trametes pini* által inficiált lúcfenyőrost.)

III. A fáradt rostkötegek finomszerkezete.

Gyakorlati anyagvizsgálati kérdés az ú. n. *fáraddtörés* (Dauerbruch), amin rövid időközökben erősen változó dinamikus terheléseknek kitett szerkezetek anyagának rendellenes szilárdságcsökkenés folytán beállott törését értjük, amely fánál „kagylós”, nem „szálkás” törési felszínnel jelentkezik. Az ilyen törést környezettanulmányok gyakran gombainfekciós jelenségnek tüntethetik fel, annál is inkább, mert a törési szelvény mikroszkópos képe olyan szerkezetváltozást mutathat, amely a korhadásban lévő anyagéval több tekintetben összetéveszthető. Az ilyen „fáradt” rostkötegekről készült röntgenspektrális kép (5. ábra) a fajra és anatómiai szerkezetre, esetleg egyéb körülményre sajátos interferenciákat tünteti fel (a diagramm azonos az ép anyagéval), amelyek olyan mértékű gombainfekció esetén, mint amilyent a hirtelen beállott nagy szilárdságcsökkenés feltételezne, zárt gyűrűbe olvadnának. A rostdiagrammok ezen azonosságából levonható következtetések értékét fokozza az a

körülmény, hogy az optikai-technikai adatok jelzett többértelműségét a biológiai vizsgálati lehetőségek (a kórokozó gomba kitenyésztése) sem képesek mindig s minden körülmények között elosztatni. E vizsgálatok pozitív eredménye ugyanis a micéliumok életképességétől függ, amely nem mindig kell, hogy fennálljon, különösen akkor nem, ha a gomba az anyagban környezetváltozás, vagy egyéb okok miatt életlehetőségeit már korábban elvesztette.

*

A röntgentechnikai vizsgálatok gyakorlatáról, a szükséges laboratóriumi berendezésről, vizsgálati módszerekről, valamint ipari-erdészeti vonatkozásairól a következő fejezetben fogunk szólni.

