

Az élővilágban egyedül a fáknek alakult ki az a sajátossága, hogy növekedésüket évgyűrűikkel hosszú életük folyamán rögzíteni tudják. A fák vastagodása, közvetve a magassági változása is, az évről évre egymásra épülő palástokból évtizedekre visszamenőleg — öreg fákon néha évszázadokra — megálapítható. Mivel a fák növekedését a faji és egyedi öröklött tulajdonságokon kívül a környezeti tényezők befolyásolják, évgyűrűelemzéssel a környezet változásaira következtethetünk. Ezeknek az összefüggéseknek a feltárásával, a fa életfolyamatainak történeti vonatkozásaival foglalkozik az *évgyűrű-kronológia*, ill. szűkebb körben a fák éghajlati kapcsolatával a *dendroklimatológia*.

Bár hazánkban régóta ismerjük e kapcsolatok fontosságát, még sem értékeltük rendszeresen és kellően a fák évgyűrűinek és környezetüknek összefüggéseit. Ezt a hiányt kívánom pótolni e rövid ismertetésben, amelyben a jelenség érdekességeire és jelentőségére, valamint ismereteink e téren történő kibővítésére hívom fel a figyelmet.

I.

Minden fatörzs keresztmetszetén feltűnik, hogy a fatest elemei világos és sötét koncentrikus körökben, gyűrűkben helyezkednek el. Közismert, hogy ez a jelenség a tenyészeti viszonyok változásával, az évente megújuló kambium működéssel van kapcsolatban.

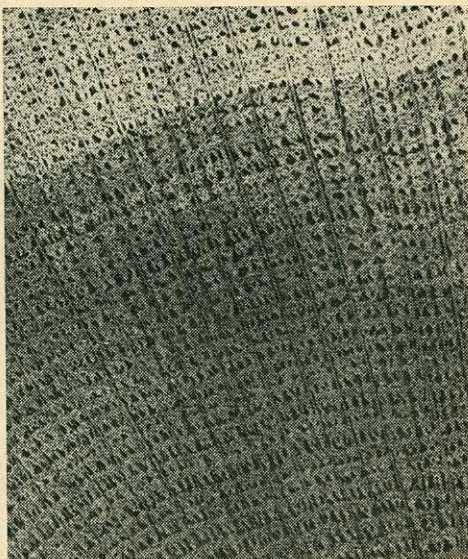
Amilyen könnyen felismerhető a fatest ilyen anatómiai felépítése, olyan nehezen találunk még ma is elfogadható magyarázatot az évgyűrű keletkezés okaira. Régi növényélettanok kéregnyomásról, a kambiumréteg tápanyagellátásáról, a korona alakulásáról, stb. beszéltek. Mai ismereteink a környezet évszakos változásával összefüggésben a fák vízpárolgató tevékenységével hozták kapcsolatba, amelynek elindítása a kambiumban áramló növényi hormonoknak köszönhető. Eszerint a kambium működése tavaszonként a duzzadó rügyek alatt indul meg és onnan terjed lefelé a növedékserkentő hormonok hatása. A tavaszi vízbőség — a gyökérnyomás, majd a levelek igen erőteljes szívóereje (15—20 atm.) folytán — először bőüregű vízszállító edényeket hoz létre, majd a nyáron fokozatosan csökkenő levélpárolgás inkább szilárdító és tápanyagraktározó elemeket.

A fa növekedését, az évgyűrű kialakulását, a szöveti szerkezetet és változást befolyásoló tényezőket két nagy csoportra bontjuk:

A *belső* vagy *örökletes* tényezők közül a *faji* és *fajtabeli* tulajdonság az, amely mindenekelőtt meghatározza a fatest alakulását. Pl. gyűrűslikacsú tölgy 1—2 mm-es, a szórt likacsú nemesnyár 30 mm-es évgyűrűt is fejleszt. A kocsányos tölgyön belül is a szlavontölgy lassabban vastagszik, mint a közönséges



1. ábra: A 80 éves vörösfenyő korongon az évgűrűk kezdeti igen gyors, majd fokozódó csökkenése olvasható

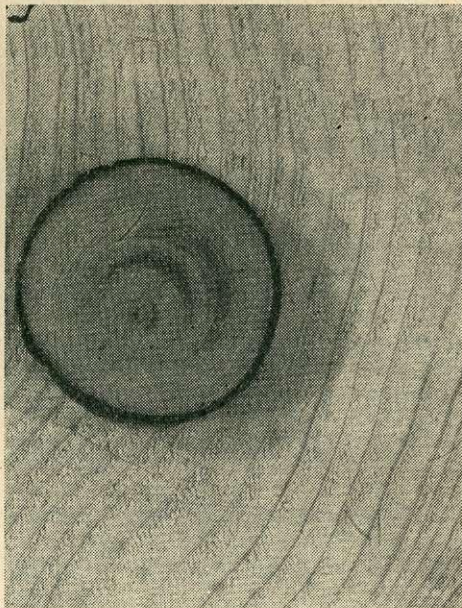


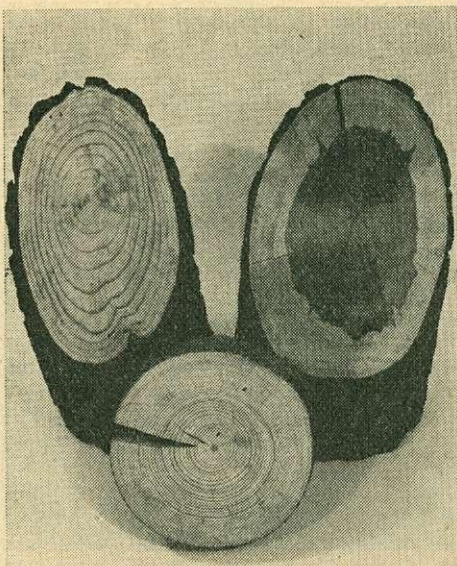
2. ábra: Gyűrűs-likacsú, egyenletes évgűrűjű Spessart-i kocsányostölgy, átlagosan 2,5 mm széles évgűrűkkel. A világos rész a fatest szijácsa

3. ábra: Szórt-likacsú olasznyár 13 éves 76 cm átmérőjű korongja, tehát közel 3 cm-es évgűrűkkel

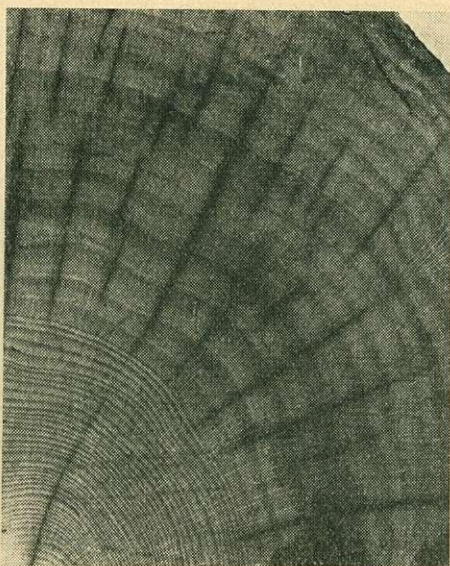


4. ábra: 80 éves lucfenyőkorongok a soproni Hidegvízvölgyből. Átlag 7 mm széles az évgűrű a kimagasló fa korongján, amelyen alsóbb szintbe szorult, átlag csak 0,3 mm évgűrűjű lucfenyő korongja fekszik





5. ábra: Közel azonos 22—25 cm átmérőjű erdeifenyő-korongok. Az alföldi homokbuckaközi törzs 13 éves, a Sopron-hegyvidéki 62 éves, a szibériai erdeifenyő 130 éves



6. ábra: 80 éves bükk korongja, amelyen jól látható a 64 éves korban történt erős gyérités hatására robbanásszerűen megindult vastagodás

kocsányostölgy. Függ az évgűrű változás a fa életkorától is; fiatalon egyre erősödő, majd állandósul s végül idős korban csökkenő az évgűrű szélessége. Egy fán belül a *magassági fekvés* szerint is változik a vastagodás. Erről a vizsgálat alapján később részletesebben szólnunk. Nagy energiát köt le a *virágzás* és a *magtermés*; előtte emelkedik, utána csökken a *fatermés*.

Az egymással szoros kapcsolatban álló *külső* vagy *környezeti* tényezők igen sokfélék. A legfontosabb a termőhely *vízgazdálkodása*; egy határig a több csapadék, a nagyobb talajnedvesség sok vízszállító elemet és erőteljesebb vastagodást eredményez. Lényeges szerepe van a *fénynek* és a *hőmérsékletnek*. Ha a fa bőven kap fényt és meleget, egy adott helyen nagyobb a koronája és szélesebb az évgűrűje. Az adagolást állományszerkezettel, állományneveléssel befolyásolhatjuk. Egy 80 éves lúcfenyves kimagasló fái 50 cm átmérőjűek lehetnek, de alászorulva 5 cm átmérőjűeket is találunk. Ugyanezt a jelenséget észlelhetjük akkor is, ha északibb vagy magasabb régiók ugyanazon fafajainak korongjait összehasonlítjuk. Gyűjteményünkben 130 éves szibériai, 62 éves soproni és 13 éves alföldi erdeifenyő egyaránt 22-25 cm átmérőjű. Befolyásolja a *szél* a párolgást; ezért egy határig fokozza a növekedést és mechanikai hatással elősegíti a *fatest excentrikus kialakulását*. Növeli a vastagodást a talaj tápanyag gazdagsága. Csökkenti a növekedést a *levélkárosítás*, legyen az rovar vagy gomba eredetű.

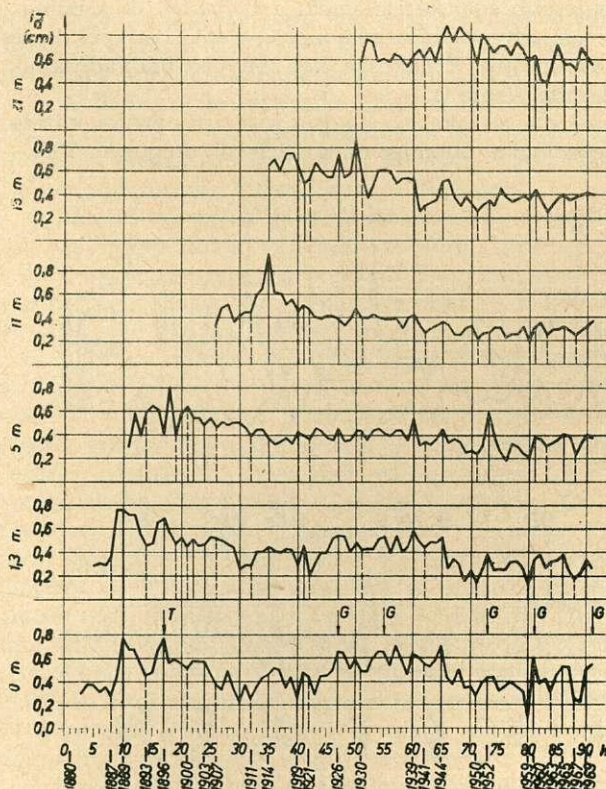
II.

Az évgűrűkről tehát sok mindent leolvashatunk, ha a növekedés menetének és erélyének, valamint a belső és külső összefüggéseit ismerjük. Ezeknek a kapcsolatoknak jellemzőit hazai *vizsgálati példán* mutatom be.

1970. őszén a Bakonyban, Farkasgyepүн, 94 éves bükkösben régi, 1926-ban

kezdett gyérítési kísérlet helyreállításába és értékelésébe kezdtünk. Mivel a kísérlettel kapcsolatos adatok a háború alatt elkallódtak, a faállomány életének változása, a gyérítések hatásának lemerésére nem maradt más módszer, mint az egyes törzsek hosszadalmas törzselemzése. Részünkre most azok a törzsek érdekesek, amelyek mindig a kimagasló szinten élhettek és így közvetlen kapcsolatban állhattak az éghajlati adottságokkal. Előnyös az is, hogy ezek a területek mély löszborítású fennsíkon fekszenek, 370 m-re a tengerszint felett, agyagbemosódásos barna erdőtalajon. Menteseek tehát a talajvíztől vagy egyéb felületi vízellátástól, csak a légköri nedvességre utaltak. Kedvező az is, hogy a csapadék zöme május-júniusban esik, amikor a bükk vastagodási növekedése erőteljes. Ezért is élnek itt szubatlanti jellegű bükkösök optimumban. Erdőtípusa *Carex pilosa* — *Asperula odorata* gyertyános — bükkös. A fatermési osztálya II., a termőhelyértéke 75⁰/₀.

A kiválasztott 32 m-es kimagasló bükk törzsnek többől; 1,3 m, 5 m, 11 m, 15 m, és 21 m magasságból vett korongjainak évgűrű változásait, az átmérő növekedését ($i_{d,1,3}$) cm-ben a 7. ábra tünteti fel.



7. ábra: 94 éves bükk különböző magasságában mért átmérő évenkénti növedéke. A maximális értéket teljes vonal, a minimális értéket szaggatott vonal jelzi

T = tisztítási, G = Gyérítési beavatkozás

A fatest vastagodására, évenkénti növekedésére néhány érdekesebb megállapítás:

1. A vastagodás mértéke a fa teljes hosszában évről évre változik. A szintenkinti legnagyobb és legkisebb értékek a törzs egész hosszán többé-kevésbé azonos évben találhatók, kivéve a koronát. Itt az erős kilengést, az emelkedés vagy süllyedés egy évvel gyakran megelőzi.

2. A bükk a mellmagasságban 12-20 éves korban éri el legnagyobb vastagodását, közel 0,5 cm-es évgűrűkkel.

3. A legkisebb és a legeggyöntetűbb a növekedés az ágtiszta törzs közepén, 11 m-en; az utóbbi 45 évben 0,2 cm-nél kisebb a vastagodás.

4. Legszelesebb az évgűrű a korona alatt, 21 m-en. Az alatta levő emeletek, (15, 11 m) kezdeti erős vastagodása hamar lecsökken. Mindez segíti a törzs hengerességének kialakulását.

5. A tő felé egyre erősebb és kiegyensúlyozatlanabb a növekedés (5 és 1,3 m-en!)

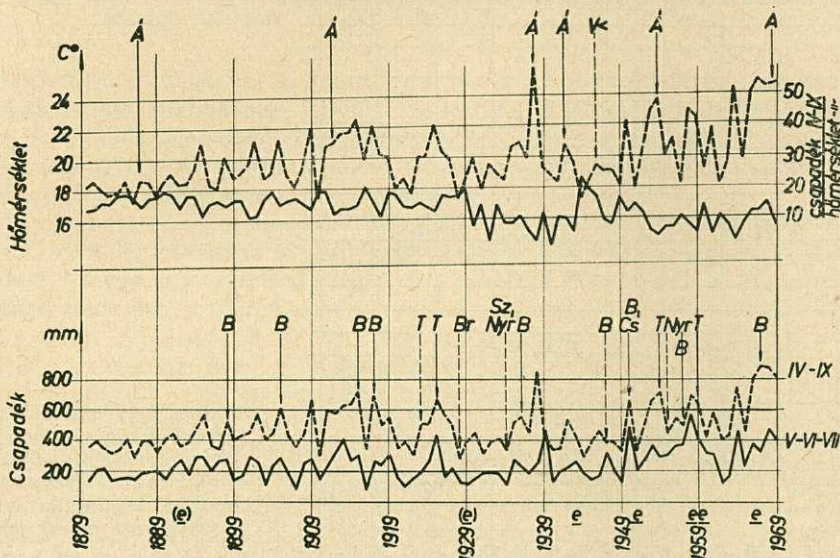
6. Különösen erős és egyenlőtlen az évgűrű alakulás a gyökfőben. Itt reagál legjobban a fa a külső környezeti tényezők változásaira. Elnagyolt formája a mellmagassági átmérő alakulásának.

7. Az emelkedés és a süllyedés általában 7,4 évenként kulminál. A periodikusság az évgűrű változásában tehát csakúgy kimutatható, mint az időjárás alakulásában.

III.

A következőkben a leglényegesebb *éghajlati elemek*, a csapadék és a hőmérséklet évenkénti átlag adatait a tenyészidőszakra, ápr.—szept. hónapokra, és külön a máj.—jún. hónapra vizsgáljuk. Érdekes e két tényező hányadosának, a nedvesség mutatóinak figyelembe vétele is.

A szembetűnő korszakonkénti eltérés oka az, hogy a kísérleti terület közelében fekvő farkasgyepűi meteorológiai állomás csak 1929-től dolgozik. 1901—



8. ábra: Az évenkénti éghajlat-jellemzők az elmúlt 90 évre. Az alsó ábra az évenkénti csapadékot mutatja. Összefüggő vonal a május—július közötti időszakban hullott csapadékot tünteti fel. A felső ábra az évenkénti tenyészidőszaki hőmérsékletet mutatja (összefüggő vonal), míg az 1°C-ra eső csapadékot szaggatott vonal jelzi

A = árvíz, V = legkisebb vízállás, B = bükkmag-termés, T CS = tölgy, illetve csermakk-termés, Br = bükkvár, Nyr = nyárrák, SZ = szilfavész jelentkezésének éve, e = a vastagsági növedék az előző évi csapadékkal mutat összefüggést

1928 között a zirci, 1881—1900. években pedig a keszthelyi állomás adatait használtuk. A csapadék évi, a vegetációs időbeni és a május—júniusi átlaga:

Farkasgyepүн	42 évből	886,	514,	300 mm,
Zircen	28 évből	776,	507,	233 mm,
Keszthelyen	20 évből	657,	406,	219 mm,

Az évgyűrű változás és az időjárás között az összefüggés a 7—8. ábrák összehasonlítása alapján egyes esetekben azonnal felismerhető. A korrelációt matematikailag is kimutattuk. Az évtizedenkénti elemzés végeredményeit a 170. oldalon levő táblázatba foglaltuk.

A fontosabb megállapítások:

1. A mellmagassági átmérő változása és a csapadék mennyisége között van ugyan kapcsolat, de ez közel sem olyan szoros. Az előjel korreláció 0,35 és 0,42, ill. a korrelációs együttható 0,33 és 0,40 értékek mérsékelt kapcsolatra utalnak.

2. Valamivel kedvezőbb a viszony, ha a hőmérsékletet is figyelembe vesszük: 0,40 és 0,46, ill. 0,34 és 0,44.

[Megjegyzem, hogy lineáris összefüggést tételeztünk fel, habár Prodan (1961) szerint és szerintünk is helyesebb a másodfokú parabolikus összefüggést számítani. Egy határig ugyanis emelkedik a csapadékkal az évgyűrű szélessége, de túl nagy csapadék esetén a kevés fény, a lehülés, a talaj víztelítődés és a levegőtlenesség miatt csökkenhet a fa életműködése.]

3. A befolyásoló tényezők közül a máj.—jún. adatait figyelembe véve csak 15,2⁰/₀, ill. 17,1⁰/₀, az egész vegetációs idő esetén 19,5⁰/₀, ill. 21,9⁰/₀ esik a vizsgált időjárási elemekre. A többi a 78—85⁰/₀ egyéb külső tényezők — gyérítés, virágzás, magtermés, károsítások — függvénye.

4. Még a kimagasló fákön is jelentkezik a gyérítések hatása, különösen a tőkorong évgyűrűinek változása feltűnő. 1896-ban kapott egy szenítő tisztítást, s 1926-ig, a kísérletig érintetlenül hagyták. A 47, 56, 73, 81 és 91 éves korban végzett gyérítések befolyása nem annyira a következő év, mint a követő 2—5 év növedékének emelkedésén mérhető.

5. A bükk makktermő éveket régi feljegyzések alapján jeleztük a 8. ábrán. Különösen bő volt a makktermés 1905, 1918, 1937, 1951 és 1968-ban, tehát 16 évenként, elfogadható 1889, 1916, 1926, 1948 és 1958-ban. A bükk tehát 7—8 évenként nyújtott makktermést. A feljegyzések főleg az Erdészeti Lapok „Magtermés jelentések” rovatából valók. Sajnos csak 1900—1918 között közölték rendszeresen. (Faragó B., Sándor I., Cserny Gy., Zsák L., később Bund K., Lippóczy B., Bernáth L., Benedek A., Szontágh P., Márkus L.) A jó makktermést megelőző években kedvező a csapadék, erőteljes növekedésben van az állomány, de a közvetlen megelőző esztendőben a nyár közepének naposnak, melegnek kell lennie, ami kiváltja a termőrigy differenciálódását. A termés évében viszont a csapadékos nyár kedvez a makktermésnek. A termés utáni esztendőben mégis csökken az évgyűrű vastagodás. Wachter (1964) szerint nyugaton is hűvösebbek és csapadékosabbak a bükk magtermő évek. (Nem jó bortermő évek!) Viszont keletre a meleg, száraz nyár miatt gyakoribb a virágzás, de gyakran nincs kötés vagy léha a termés.

6. Bükk károsítókról alig tudunk, legfeljebb az 1928-as fagyrák volt emlékezetes (Tuzson, 1931). Ezért a szilfavészt (1935), a nyárrákot (1934, 1954), a lucfenyő száradást (1948), a szelídgesztenye pusztulást (1952), a feketefenyő tűszáradást (1948, 1960) jelölhetjük meg a rajzon. A kapcsolat a szárazság, ill. nedves korszakok szerencsés összeesésével kimutatható. Az időjárás tehát közvetve a makktermésen és károsítókon keresztül befolyásolja az évgyűrű kialakulását. És éppen ez az összetettség teszi nehézé a tényezők egyenkénti elemzését és jelez mérsékelt kapcsolatot.

A mellmagassági átmérő növekedésének kapcsolata az éghajlati tényezőkkel

Évtized	Előjel korreláció	Determi- nációs koefficiens r^2	Korrelációs koefficiens r
<i>A vegetációs idő csapadéka és az átmérőnövekedés</i>			
1961—1970	0,1	0,084	0,29
1951—1960	0,1	0,220	0,47
1941—1950	0,0	0,002	0,04
1931—1940	0,4	0,504	0,71
1921—1930	0,6	0,197	0,44
1911—1920	0,8	0,280	0,53
1901—1910	0,2	0,041	0,20
1891—1900	0,6	0,231	0,48
Átlag:	0,35	0,195	0,40
<i>1 °C hőmérsékletre eső csapadék és az átmérő- növekedés (csap. mm/hóm. °C)</i>			
1961—1970	0,1	0,073	0,27
1951—1960	0,1	0,163	0,41
1941—1950	0,5	0,391	0,63
1931—1940	0,4	0,487	0,70
1921—1930	0,5	0,175	0,42
1911—1920	0,8	0,232	0,48
1901—1910	0,2	0,025	0,16
1891—1900	0,6	0,205	0,45
Átlag:	0,40	0,219	0,44
<i>Máj.—jún. csapadéka és az átmérőnövekedés</i>			
1961—1970	0,7	0,264	0,51
1951—1960	0,0	0,278	0,53
1941—1950	0,6	0,266	0,52
1931—1940	0,6	0,342	0,58
1921—1930	0,4	0,007	0,09
1911—1920	0,6	0,025	0,16
1901—1910	0,2	0,037	0,19
1891—1900	0,3	0,001	0,03
Átlag:	0,42	0,152	0,33
<i>1 °C hőmérsékletre eső máj.—jún. csapadék és az átmérőnövekedés</i>			
1961—1970	0,8	0,298	0,54
1951—1960	0,1	0,240	0,49
1941—1950	0,6	0,343	0,59
1931—1940	0,7	0,391	0,62
1921—1930	0,5	0,077	0,28
1911—1920	0,5	0,003	0,05
1901—1910	0,2	0,015	0,13
1891—1900	0,3	0,003	0,05
Átlag:	0,46	0,171	0,34

7. A fa növekedését befolyásoló tényezők sokfélesége, nagy súlya figyelmeztet, hogy rövid lejáratú kísérleti és üzemi fatermési adatok értékelése során nem szabad az állományra történő hatásukat mellőzni. Az évenkénti erős változás kiejtésére nem az évi folyónövedékkel, hanem *korszaki átlagnövedékkel* érdemes dolgozni!

8. Nemcsak évenkénti változás van, hanem egy éven, egy évgyűrűn belül is érdekesek a különbségek. Ezek észlelésére a *mikrodendrométer* vizsgálatok nyújtanak lehetőséget. Sőt egy napon belül is van eltérés a növekedés folyamán; az éjszakai kisebb transpiráció a gyökerekben vízzel telítettséget okoz, ezért a vastagodás reggel érheti el tetőfokát. A napi időjárás változására történő reagálás azért érdekes, mert ez már valamennyi földi lényvel, az ember viselkedésével is kapcsolatba hozható.

IV.

Hazánkban általában elég elhanyagolt vonal az évgyűrűkronológia. Régi szakkönyveink (*Roth*, 1929, *Fehér*, 1931, *Fekete Z.* 1951, *Koltay*, 1957) ugyan elnagyoltan említést tesznek úgy is a fa vastagodásáról, az évgyűrű-változásról, mint a fanövekedés útmutatójáról, de méreteit, kapcsolatait és jelentőségét nem méltatják. A mai kutatók közül *Szőnyi* (1958, 1962), *Tomcsányi—Antal* (1961), *Szőnyi—Veszely* (1967) elsősorban mikrodendrométer vizsgálataik, *Mendlik* (1967) és *Halupa* (1967) törzselemzések során igazolják, hogy az éghajlati hatás el nem hanyagolható, de a befolyását mégsem veszik figyelembe.

Az évgyűrű-kronológiát meglepő eredménnyel először Amerikában alkalmazták. *Douglass* (1936) több ezer éves őserdei fák évgyűrű szélességéből igyekezett az éghajlat alakulására következtetni. *Ferguson* (1968) Kaliforniában *Pinus aristata* 5000 éves példányain vizsgálta az időjárás változásait. A fák 2000 éve pusztultak el, de az ottani szárazság miatt jól tartósodtak. Tehát 7000 évre visszamenőleg talál összefüggéseket a környezeti változásokra. (Ez már inkább a paleo-dendroklimatológia feladata.)

Európában *Topcuoglu* (1940), *Holmsaard* (1955), *Mikola* (1962) vizsgálták az éghajlat hatását a különböző fajokra. *Huber* (1963) hesseni öreg történelmi épületek tölgygerendáit elemezte és nyert az 1300-as évek időjárására adatokat. Az új faterméstani könyvek (*Prodan*, 1961, *Assmann*, 1961, *Erteld—Hengst*, 1966 és *Mitscherlich*, 1971) elnagyoltan ugyan, de foglalkoznak az évgyűrű alakulásának kérdéseivel. Legutóbb *Vyscot* (1971) külön fejezetet szán Faterméstánában a dendrológiának.

Egészen sajátos hazai adottságaink mellett az évgyűrűváltozás faterméstani vonatkozásait magunknak kell feltárni. Örülök, hogy az évgyűrű-kronológia jelentőségének és érdekes eredményeinek ismertetésével felhívhattam erre szakembereink figyelmét. Talán segítségével előttünk eddig kevésbé ismert jelenségeket magyarázhatunk meg és közelebb juthatunk biztosabb megállapításokhoz.

Д-р А. Майер: ХРОНОЛОГИЯ ГОДИЧНЫХ СЛОЕВ

При хронологизации с помощью анализа годичных слоев сделаем выводы на изменения окружения, на исторические отношения жизненных процессов дерева. Анализ ствола, исполненный на кружках доминирующего ствола 94-летнего бука в высоте 1,3; 5,0; 11,0; 15,0; 21,0 м в полной длине показывает закономерности утолщения. Корреляционные обследования оправдывают, что осадки и температура имеют только умеренное соотношение со сформированием годичных слоев (22%), а большую роль играет прореживание, жолудь и вредители.

Dr. Máyer, A.: ANNUAL RING CHRONOLOGY

The annual ring chronology studies the environmental changes and the history of the tree's life by analysing the annual rings. Analysis of the disks cut out at the height of 1, 3, 5, 11, 15 and 21 meter of an outstanding 32 meter high tree of a 94 year old beech stand has indicated the laws prevailing in the thickening of the tree in its full length. It has been elaborated, that the size of the annual rings is only moderately (in 22 per cent) correlated with precipitation and temperature, but thinning operations, seed crops and damages have much more sensible influence on it.